

**UNIVERSITE LIBRE DE BRUXELLES**  
**UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN LA NEUVE**  
**Faculté des Sciences Psychologiques et de l'éducation**

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Master en Logopédie par :  
Pauline Larrouy-Maestri

**Le chant comme support à l'acquisition du langage :  
Effets de l'expertise musicale ou linguistique**

Promotrices :

Pr. Régine Kolinsky  
Pr. Jacqueline Leybaert

Lectrices :

Pr. Brigitte Charlier  
Pr. Dominique Morsomme

Année académique 2008-2009

*Merci à tous ceux qui, de près ou de loin,  
ont su m'aider, me guider, m'accompagner et me soutenir  
dans la réalisation de ce projet.*

*Une pensée particulière à Régine Kolinsky et Jacqueline Leybaert,  
des promotrices admirables,  
à Daniele Schön,  
sans qui ce travail n'aurait pu voir le jour...*

*... et une grande reconnaissance envers les nombreux participants  
qui ont accepté de me suivre dans cette aventure.*

# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>6</b>
---------------------	----------

## **Partie théorique**

### **Musique : de l'art à la parole**

<b>I. <u>Musique et langage</u></b>	<b>8</b>
I.1. <u>L'expertise musicale</u>	8
I.1.1. <i>Définition de l'expertise</i>	8
I.1.2. <i>Musique et développement de l'enfant</i>	9
I.1.3. <i>Expertise musicale : généralisation des habiletés</i>	9
I.2. <u>Habiletés musicales et langagières</u>	10
I.2.1. <i>Spécificité et points communs</i>	10
I.2.2. <i>Expertise et transfert</i>	10
I.2.2.1. <i>De la musique au langage</i>	11
I.2.2.2. <i>Du langage à la musique</i>	12
<b>II. <u>Le cas particulier du chant : entre musique et langage</u></b>	<b>13</b>
II.1. <u>Le chant : partout et par tous</u>	13
II.2. <u>Le chant et la « musique du langage »</u>	14
II.3. <u>Le chant : pratique logopédique</u>	14
II.3.1. <i>MIT : Music Intonation Therapy</i>	15
II.3.2. <i>Méthodes « musicales » utilisées en clinique logopédique de la surdité</i>	15
II.4. <u>Le chant : outil privilégié pour examiner la spécificité de traitement de la musique et du langage</u>	16
<b>III. <u>Le chant et l'acquisition du langage</u></b>	<b>17</b>
III.1. <u>L'apprentissage d'une langue</u>	17
III.1.1. <i>Traitement de la parole</i>	17

III.1.2. <i>L'apprentissage statistique</i>	18
III.1.2.1. <i>Domaine langagier</i>	20
III.1.2.2. <i>Domaine musical</i>	21
III.1.2.3. <i>Interaction des domaines langagier et musical</i>	21
III.2. <u>Le chant comme support à l'acquisition du langage :</u>	
Etude de Schön, Boyer, Moreno, Besson, Peretz, & Kolinsky, 2008	21

## **Partie expérimentale**

### **Rôle de l'expertise musicale ou linguistique**

<b>I. <u>Population</u></b>	<b>27</b>
I.1. <u>Critères d'expertise</u>	27
I.2. <u>Critères de notre recherche</u>	28
I.2.1. <i>Non experts</i>	28
I.2.2. <i>Experts en musique</i>	29
I.2.3. <i>Experts en langage</i>	29
<b>II. <u>Contrôle des variables</u></b>	<b>30</b>
II.1. <u>Test de répétition de pseudo-mots</u>	30
II.2. <u>Entretien</u>	30
<b>III. <u>Méthode et résultats</u></b>	<b>32</b>
III.1. <u>Expérience I : Matériel parlé</u>	32
III.1.1. <i>Participants</i>	32
III.1.2. <i>Matériel et procédure</i>	33
III.1.3. <i>Prédictions</i>	33
III.1.4. <i>Résultats</i>	33
III.2. <u>Expérience II : Matériel chanté synchronisé</u>	34
III.2.1. <i>Participants</i>	34
III.2.2. <i>Matériel et procédure</i>	34
III.2.3. <i>Prédictions</i>	35
III.2.4. <i>Résultats</i>	35

III.3. <u>Expérience III : Matériel chanté désynchronisé</u>	36
<i>III.3.1. Participants</i>	36
<i>III.3.2. Matériel et procédure</i>	36
<i>III.3.3. Prédictions</i>	37
<i>III.3.4. Résultats</i>	37
III.4. <u>Comparaison des performances au test linguistique</u> <u>entre les trois expériences</u>	38
III.5. <u>Expérience IV : Exploration d'un test musical</u>	39
<i>III.5.1. Participants</i>	39
<i>III.5.2. Matériel et procédure</i>	40
<i>III.5.3. Prédictions</i>	40
<i>III.5.4. Résultats</i>	41
III.6. <u>Test de mémoire de séquences linguistiques :</u> <u>Répétition de pseudo-mots</u>	41
III.7. <u>Analyse de la performance au test linguistique en fonction du</u> <u>contour mélodique des PT-mots</u>	43
III.8. <u>Modification des facteurs considéré</u>	44
 <b>IV. <u>Discussion</u></b>	<b>45</b>
IV.1. <u>Effet de l'expertise linguistique</u>	46
IV.2. <u>Effet de l'expertise musicale</u>	47
<i>IV.2.1. Traitement intégré de la mélodie et des paroles</i> <i>dans le chant mais séparé selon la tâche proposée</i>	48
<i>IV.2.2. Traitements distincts de la mélodie et des paroles</i> <i>dans le chant mais combinaison des informations</i>	48
IV.3. <u>Perspectives</u>	50
<i>IV.3.1. Critères objectifs de l'expertise</i>	50
<i>IV.3.2. Critères subjectifs de l'expertise</i>	51
<i>IV.3.3. Du chant à la prosodie</i>	52
 <b>Index des figures et tableaux</b>	<b>53</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>54</b>
<b>Annexes</b>	<b>63</b>

## Introduction

L'acquisition du langage est longue, complexe mais nécessaire à un développement harmonieux. L'enfant, de même que l'adulte apprenant une seconde langue, passe par plusieurs étapes dont la segmentation de séquences de parole pour installer progressivement un lexique suffisant et parvenir à l'utilisation du langage comme outil de communication.

D'après Julien Green, « la musique est au-delà des mots ». Cette vision poétique illustre les recherches actuelles visant à définir les liens entre la musique et le langage, notamment au niveau du chant (Lidji, 2007).

La musique et le langage partageant certaines caractéristiques, nous souhaitons observer, dans un premier temps, en quoi le chant pourrait être bénéfique à l'acquisition langagière. Plus spécifiquement, dans le cadre de ce mémoire, notre objectif est d'étudier l'effet éventuel d'une expertise musicale ou langagière sur l'acquisition d'un nouveau langage. Le transfert de compétences est parfois observé entre domaines cognitifs et l'observation d'experts en musique, d'experts en langage et de sujets non-experts nourrira le débat actuel.

Dans ce but, nous avons choisi d'étudier l'habileté d'extraction de mots nouveaux d'un courant continu de parole basée sur les probabilités transitionnelles. En effet, ce mécanisme peut être appliqué tant à l'apprentissage musical qu'au développement du langage (Saffran, 2003). Schön, Boyer, Moreno, Besson, Peretz et Kolinsky, en 2008, se sont intéressés à ce phénomène et nous nous référerons à leur méthode pour explorer l'éventuel effet d'une expertise sur l'extraction de mots nouveaux et plus généralement sur la question des liens entre la musique et le langage.

**Partie théorique**  
**Musique : de l'art à la parole**

La musique ou l'« Art des sons » (Danhauser, 1994) est omniprésente dans la civilisation humaine, sous des formes diverses et variées selon les époques et les cultures. Elle fait appel à quatre paramètres sonores, c'est-à-dire à la hauteur des sons (déterminée par leur fréquence), à leur intensité, leur rythme et leur timbre. Parfois décrite comme le « langage de l'âme »<sup>1</sup>, nous ne pouvons nous limiter à cette définition de la musique. Nous observerons ici ses liens avec le langage, particulièrement au niveau des modulations fréquentielles communes à ces deux domaines ainsi qu'au niveau des conditions d'apprentissage.

## **I. Musique et langage**

La musique est un phénomène complexe, difficilement dissociable d'un contexte émotionnel particulier. Toutefois, les effets émotionnels de la musique ne sont pas l'objet de ce mémoire, même s'il s'agira de ne pas les négliger dans le cadre de nos résultats.

### I.1. L'expertise musicale

L'expertise musicale naît d'une pratique instrumentale et de l'apprentissage de certaines compétences. La littérature scientifique foisonne de données relatives à ses bénéfices dans des domaines cognitifs variés et un aperçu des recherches actuelles nous éclairera sur les perspectives de son étude, notamment au niveau du traitement et/ou de l'acquisition du langage.

#### *1.1.1. Définition de l'expertise*

Nous ne discuterons pas ici les différentes théories unitaires, atomistes et unifiées de l'aptitude musicale. La question des mécanismes qui sous-tendent l'expertise musicale n'est pas encore résolue. Sloboda (2004) souligne que la compréhension de l'aptitude en musique aidera à mieux l'expliquer, la prévoir, la provoquer et nous pensons que la définition de l'expertise serait plus précise.

---

<sup>1</sup> Otto Klemperer, chef d'orchestre allemand, 1885-1973



Sommes-nous tous musiciens ? Le rôle des pratiques formelles, informelles, se mêle aux contextes environnementaux, sociaux, culturels. Davies (1978) propose de définir l'aptitude musicale (potentiel inné, déduit grâce à l'activité du sujet), la capacité musicale (degré particulier de performance à un moment donné) et l'accomplissement musical. L'expertise, dans ce mémoire, se réfère à l'accomplissement musical, défini comme la totalité des compétences musicales développées grâce à l'enseignement d'un programme.

### *1.1.2. Musique et développement de l'enfant*

Au niveau éducatif, McPherson (2005) s'accorde avec de multiples chercheurs (Juslin, & Sloboda, 2001 ; Moely, Hart, Leal, Santulli, Rao, Johnson, & Hamilton, 1992 ; Sloboda, 1982, 1985 ; Sloboda, & Davidson, 1996 ; Sloboda, Davidson, Howe, & Moore, 1996 ; Williamon, & Valentine, 2000), pédagogues ou musiciens pour observer, dans la pratique musicale, l'acquisition d'habiletés et l'application de stratégies qui interviendront de manière plus générale dans le développement de l'enfant.

Par ailleurs, la notion de « jeu » est souvent associée à la pratique musicale chez les plus jeunes. L'aspect ludique contribue à l'intérêt de l'enfant nécessaire au développement de ses habiletés. Jackendoff et Lerdahl (2006) ont exploré les capacités propres à la pratique musicale au travers de cinq questions en observant certains composants musicaux (rythme, affect). Ils concluent à l'utilisation de phénomènes cognitifs généraux qui se combinent. Néanmoins, il est nécessaire de tenir compte du type de pratique, du nombre d'année ou plutôt de l'existence d'une période critique, comme l'indique Penhune (2007).

### *1.1.3. L'expertise musicale : généralisation des habiletés*

Les associations observées entre la pratique musicale et les habiletés cognitives ne sont pas élucidées, mais constituent un domaine de recherche en expansion (Schellenberg, & Peretz, 2007). Dufour (2009) est convaincu que des transferts de compétences cognitives à long terme dans des domaines non-musicaux peuvent s'observer chez des sujets experts aussi bien d'un point de vue neuro-anatomique que comportemental. L'expertise musicale permettrait la réorganisation fonctionnelle et anatomique du cerveau humain.

De nombreuses études tentent de décrire l'influence de l'apprentissage de la musique et les éventuels transferts entre modalités mais des biais peuvent apparaître et une prudence s'impose dans l'interprétation des résultats, qui sont souvent meilleurs chez les musiciens, enfants ou adultes.

L'acquisition d'habiletés musicales est complexe, comme le rappellent Hannon et Trainor (2007) et l'hypothèse de plasticité cérébrale suite à un entraînement est soutenue par ces auteurs.

Une rapide revue de la littérature met en évidence des bénéfices d'une pratique musicale sur d'autres domaines comme les habiletés mathématiques (Costa-Giomi, 2004, Schmithorst, & Holland, 2004), l'imagerie mentale (Aleman, Nieuwenstein, Böcker, & Hann, 2000), le raisonnement symbolique et spatio-temporel (Brochard, Dufour, & Desprès, 2004 ; Hetland, 2000), la mémoire verbale (Ho, Cheung, & Chang, 2003), l'estime de soi (Costa-Giomi, 2004) et l'intelligence (Shellenberg, 2004).

En ce qui concerne le langage, un transfert de compétences est également observé et nous souhaitons nous attarder sur les principales données dans ce domaine afin de mieux situer notre recherche.

## I.2. Habiletés musicales et langagières

### *I.2.1. Spécificité et points communs*

Le langage comme la musique sont à l'origine de débats quant à leur spécificité de traitement. Alors que Chomsky (1957) soutient que le langage fait l'objet d'un traitement spécifique, d'autres auteurs pensent que le langage partage les mêmes principes organisationnels et fonctionnels avec des habiletés cognitives plus globales.

En ce qui concerne la musique, la même question se pose. Peretz (2006) et Mithen (2005) attribuent à la musique une fonction cognitive à part entière, fonction fondamentale de l'être humain, traitée par des modules cognitifs spécifiques qui auraient une origine biologique. Par ailleurs, d'autres chercheurs tels que Pinker (1997) la considèrent comme un « sous-produit » de nos capacités cognitives générales.

Le parallèle envisagé entre les fonctions linguistiques et musicales est d'autant plus évident en observant leurs points communs. Alors que la musique est souvent écartée par les

linguistes, une analyse des liens entre musique et langage à différents niveaux précise les intérêts à poursuivre des études dans ce domaine.

Besson et Schön (2001) notent à ce sujet « l'utilisation du canal auditif, la capacité à transmettre des émotions et l'existence d'éléments de base (les notes et les phonèmes) permettant un nombre quasi illimité de productions ». Dans cette perspective, et du fait de leur complexité, ces auteurs ont cherché à comparer les structures propres à la musique et au langage en les réduisant à leurs éléments constitutifs (Schön, & Besson, 2008).

Bigand (2007) précise que les similitudes entre les deux domaines et leur comparaison sont un support à l'étude de la cognition musicale et des réponses émotionnelles à la musique. Récemment, Patel (2008) précise les objectifs des recherches actuelles, différents de ceux de Spencer (1857), pionnier dans la recherche de liens entre ces deux domaines.

### *1.2.2. Expertise et transfert*

#### *1.2.2.1. De la musique au langage*

Relativement à la généralisation des habiletés, Besson (2001) évoque l'effet de transfert de l'entraînement entre musique et langage, en observant les performances de musiciens et non-musiciens lors de tâches de discrimination de hauteur (stimuli musicaux versus langagiers).

Par la suite, de nombreuses études tentent de spécifier l'influence de l'expertise musicale sur différents aspects langagiers : traitement des variations fréquentielles dans les langues à tons (Wong, Skoe, Russo, Dees, & Kraus, 2007), traitement de l'accent lexical (Kolinsky, Cuvelier, Goetry, Peretz, & Morais, 2009), contours intonatoires (Chandrasekaran, Ananthanarayan, & Gandour, 2009) et intervalles (Ross, Choi, & Purves, 2007), violation de hauteur (Magne, Schön, & Besson, 2006) et, plus généralement, prosodie (Magne, & al., 2006 ; Schön, Magne, & Besson, 2004), sémantique (Koelsch, Jentschke, Sammler, & Mietschen, 2005), habiletés de lecture (Moreno, Marques, Santos, Castro, & Besson, 2009), habiletés phonologiques (Anvari, Trainor, Woodside, & Levy, 2002), mémoire verbale de travail chez l'adulte (Chan, Ho, & Cheung, 1998) et chez l'enfant (Kilgour, Jacobson, & Cuddy, 2000), syntaxe (Jentschke, & Koelsch, 2009 ; Patel, 2008) et sur l'ensemble des habiletés linguistiques (Moreno, & al., 2009). Notons l'intérêt de cette dernière étude qui limite certains biais en proposant une autre activité artistique aux sujets de contrôle (soumis à

des ateliers de peinture) afin d'observer seulement les effets de l'apprentissage musical et non ceux de l'apprentissage artistique plus général.

L'ensemble de ces études révèle ou confirme la supériorité des musiciens par rapport à des non-experts. Différents niveaux langagiers ont été étudiés ainsi que certaines habiletés permettant l'apprentissage linguistique.

Au niveau de l'acquisition d'une langue seconde, les habiletés musicales semblent faciliter l'apprentissage chez l'adulte (Slevc, & Miyake, 2006) et chez l'enfant (Milovanov, Huotilainen, Välimäki, Esquel, & Tervaniemi, 2008). De plus, des incongruités dans la prosodie d'une langue étrangère sont mieux repérées par des musiciens (Marques, Moreno, Castro, & Besson, 2007), ce qui pose la question du transfert des habiletés musicales dans l'extraction de mots nouveaux nécessaire à l'apprentissage d'une langue seconde et plus généralement à l'acquisition du langage.

#### I.2.2.2. Du langage à la musique

En ce qui concerne l'expertise linguistique et son influence au niveau musical, Milovanov et al. (2008) étudient la relation avec les aptitudes musicales. Dans ce but, ils examinent les performances de sujets à des tests musicaux et évaluent également les capacités de prononciation d'une langue seconde. Les sujets obtenant les meilleurs scores en prononciation sont définis comme des « experts en langage ». Leurs performances au test musical sous-entendent qu'ils ont pu utiliser leurs habiletés. Les experts en langage sont meilleurs que les non-experts dans une tâche musicale, ce qui laisse entrevoir l'existence d'un transfert de compétences.

Ces données confortent les hypothèses défendues par Chandrasekaran et al. (2009) sur le traitement fréquentiel. L'expérience linguistique (sujets natifs d'une langue à tons versus anglophones) intervient tout comme le domaine d'expérience (musiciens versus non-musiciens) dans le traitement de contours fréquentiels non linguistiques.

A la lumière de ces différentes recherches, nous souhaitons examiner l'effet éventuel d'une expertise dans le traitement linguistique et musical grâce à un outil privilégié, puisqu'à la croisée du langage et de la musique : le chant.

L'observation d'un tel effet pose la question du partage de certains traitements qui pourraient être communs aux deux domaines. Cependant, le niveau d'expertise pourrait permettre l'utilisation d'une habileté particulière dans le traitement d'un autre domaine sans que les deux disciplines ne fassent appel aux mêmes compétences.

Des données neuropsychologiques pourraient éclairer ce débat, mais nous nous baserons ici sur l'interprétation de données comportementales pour identifier le lien entre expertise musicale et linguistique.

## **II. Le cas particulier du chant : entre musique et langage**

La musique vocale prend diverses formes selon les époques, les compositeurs et les contextes. Notons l'utilisation de la parole dans cette activité artistique au fil des siècles. Née au XIII<sup>ème</sup> siècle, la monodie est soit mélismatique (une syllabe est vocalisée) soit syllabique (une syllabe correspond à une note, parfois deux ou trois).

Plus récemment, le « Sprechgesang », largement utilisé par Schoenberg, compositeur du XX<sup>ème</sup> siècle (Pierrot Lunaire, 1912), ainsi que par Berg, Bériot, Zimmerman, est défini comme une « émission vocale entre le chant et la parole » (Rapoport, 2006).

D'autres genres sont apparus depuis lors, tels que le « rap » ou le « slam » et illustrent la proximité des domaines musicaux et linguistiques, également présente dans la musique populaire actuelle (Bob Dylan, Noir Désir, Bashung, Miossec...).

Par ailleurs, le chant nous accompagne dès notre plus jeune âge, par des comptines, des berceuses et autres chansons enfantines et peut se pratiquer tout au long de la vie, pourvu que les organes audio-phonatoires le permettent.

### **II.1. Le chant : partout et par tous**

L'accessibilité est une caractéristique de la pratique vocale, à l'exception du chant lyrique nécessitant une technique particulière et un haut niveau d'entraînement. Dalla Bella, Giguère et Peretz (2007) ont comparé des chanteurs professionnels et des sujets non-musiciens et concluent que le chant est une caractéristique propre à l'humain. Dans cette expérience, ils ont analysé les productions vocales de chanteurs et de non-chanteurs. Les performances diffèrent au niveau du tempo avec des erreurs de hauteur tonale et de rythme. Cependant, lorsque l'on force les non-musiciens à chanter en diminuant le tempo, les erreurs diminuent et la qualité de leur chant se rapproche de la prestation des chanteurs.

Le caractère universel du chant, son accessibilité et son omniprésence dans la vie de chacun, sont autant d'éléments motivant une étude approfondie de cet aspect musical dans le développement.

## II.2. Le chant et la « musique du langage »

Patel (Patel, 2008 ; Patel, Peretz, Tramo, & Labrèque, 1998) souligne l'analogie entre le contour mélodique et la trajectoire de la fréquence fondamentale à travers le temps, c'est-à-dire l'intonation, dans la parole. Brin, Courrier, Lederlé et Masy (2004) définissent en effet l'intonation comme la mélodie de la phrase, créée par des variations de la fréquence fondamentale qui se produisent tout au long d'un énoncé. La mélodie marque donc la substance sonore de la parole (succession ou combinaison de sonorités qui lui confèrent un aspect agréable, rythmé, musical). Quand la mélodie actualise un énoncé, le structure, elle devient une réalisation intonative. Nous sommes ici dans le domaine de la prosodie, qui est l'ensemble des faits suprasegmentaux (intonation, accentuation, rythme, mélodie, tons) qui accompagnent, structurent la parole et qui se superposent aux phonèmes (aspect segmental).

Les variations fréquentielles ainsi que les autres variations prosodiques (intensité et pauses) entrent en jeu dans l'organisation et la perception du langage parlé et contribuent à marquer les frontières entre unités structurales de la langue, à distinguer les fonctions pragmatiques de l'énoncé et à attirer l'attention.

Au niveau de la phrase, l'intonation a donc une fonction linguistique de signification (permettant, par exemple, de distinguer une question d'une affirmation) et joue également un rôle dans la communication d'intentions et d'affects. C'est le cas du « motherese », forme particulière de langage, renvoyant aux modulations de la prosodie et de la voix de la mère ou des adultes parlant aux bébés. Ces qualités seront adaptées et utilisées même après l'acquisition du langage. Quant aux éléments intrinsèques au mot (accent lexical ou ton), ils prennent une plus ou moins grande importance selon que les langues utilisent ou non des accents lexicaux (ou des tons) variables.

## II.3. Le chant : pratique logopédique

L'accentuation prosodique et le chant sont utilisés en rééducation orthophonique de l'enfant et de l'adulte, pour les personnes aphasiques ou dans l'éducation précoce de l'enfant sourd (Brin, & al., 2004).

Deux exemples sont proposés ici pour illustrer l'intérêt des recherches sur la spécificité de traitement de la musique et du langage.

### *II.3.1. MIT : Music Intonation Therapy*

Créée par Sparks, Helm et Albert (1974), cette méthode est basée sur la répétition d'énoncés soutenus par un patron mélodique (Schouppe, 1986) et s'adresse principalement à des patients aphasiques non fluents. Cette thérapie ne se limite toutefois pas à l'aphasiologie, puisqu'elle se pratique également dans d'autres domaines thérapeutiques, comme l'indique Carroll (1996) en examinant l'effet d'une adaptation de la MIT sur le langage verbal de jeunes enfants trisomiques.

Une étude de Racette, Bard et Peretz (2006) semble valider l'idée que le chant choral est bénéfique à la production de la parole chez les aphasiques non fluents, plus en tout cas que le chant isolé ou la parole en chœur. Bien que les mécanismes de ce bénéfice doivent encore être expliqués, cette étude valide donc scientifiquement le principe à la base de la MIT. Cette validité sous-entend le bénéfice des modulations fréquentielles d'unités de langage et nous encourage à étudier ce qui en est à l'origine.

### *II.3.2. Méthodes « musicales » utilisées en clinique logopédique de la surdité*

La prise en charge de l'enfant sourd implanté nécessite, d'après Dumont (1997), une élaboration perceptive passant par la découverte, la manipulation, l'analyse et l'organisation des stimuli sonores. Dumont et Calbour (2002) observent des élans affectifs d'enfants face à leur implant qu'il s'agira d'entretenir et de développer afin d'aborder le long parcours menant à la communication orale. Certaines pratiques logopédiques, utilisant diverses méthodes audio-orales, font la part belle à l'aspect musical de la parole ; le chant est un vecteur de cette découverte.

Les contenus méthodologiques de méthodes telles que la « méthode Verbo-Tonale » (Guberina, 1992) et ses adaptations (Dunoyer de Ségonzac, 1992), la « langue en mouvement » (André-Faber, 2006) ou encore la pratique d'Alain Carré (1982, 1998), mettent en évidence le rôle et la place de la musique et particulièrement du chant dans la rééducation de l'enfant sourd.

#### II.4. Le chant : outil privilégié pour examiner la spécificité de traitement de la musique et du langage

Le chant constitue, pour Schön, Gordon et Besson (2005), un matériel écologique et multidimensionnel étant donné qu'il allie les dimensions linguistique et musicale. Il offre ainsi un outil privilégié pour observer les relations entre musique et langage.

Les paroles et la mélodie semblent associées en mémoire, d'après Peretz et al. (2004). Leur étude révèle que la présentation de la mélodie d'une chanson connue amorce la reconnaissance de ses paroles et inversement. De plus, cet effet est présent même si l'amorce ne correspond pas temporellement à la réponse attendue, ce qui suggère que les mécanismes en jeu ne sont pas dépendants de contingences temporelles mais sont plus abstraits. Notons cependant l'existence d'une recherche de Racette et Peretz (2007) qui révèle une indépendance entre la mélodie et les paroles dans l'apprentissage d'une chanson. En confrontant les performances de rappel selon le mode d'apprentissage (chanté, parlé ou accompagné instrumentalement) et le type de rappel (chanté, parlé), les auteurs constatent que l'utilisation du chant pour l'apprentissage de mot ne facilite pas leur rappel. Le texte et la mélodie auraient donc des représentations séparées mais liées en mémoire.

En ce qui concerne le traitement du chant, certaines données (Besson, Faita, Peretz, Bonnel, & Requin, 1998 ; Bonnel, Faita, Peretz, & Besson, 2001) suggèrent l'indépendance du traitement des paroles et des mélodies tandis que d'autres (Poulin-Charronnat, Bigand, Madurell, & Peereman, 2005 ; Schön, & al., 2005) montrent une interactivité entre les deux dimensions, c'est-à-dire une influence du traitement des paroles par les caractéristiques de la mélodie et inversement.

Afin de préciser les interactions entre le traitement du langage et de la musique dans le chant, Lidji (2007) propose d'utiliser l'approche des interactions dimensionnelles de Garner (1974). L'étude de Kolinsky, Lidji, Peretz, Besson et Morais (2009), qui a utilisé cette technique, a mis en évidence les interactions dimensionnelles entre des non-mots et les intervalles mélodiques de deux notes sur lesquels ils sont chantés. Les auteurs ont observé une dissociation intéressante entre voyelles et consonnes. En effet, dans les expériences où les non-mots variaient au niveau de la voyelle finale, un patron d'intégralité a été observé. En revanche, les consonnes et les intervalles se comportaient comme des dimensions plus séparables. Ils observent que « les voyelles chantent » tandis que « les consonnes parlent ».



Ainsi, comme le conclut Lidji (2007), « les relations entre langage et musique, loin d'être une question de tout ou rien, constituent une problématique complexe qui s'oppose à une vision purement modulaire ou intégrée de ces fonctions ».

### **III. Le chant et l'acquisition du langage**

#### **III.1. L'apprentissage d'une langue**

L'acquisition du langage, comme l'apprentissage d'une langue étrangère, comporte différentes étapes.

##### *III.1.1. Traitement de la parole*

Les tout jeunes enfants sont capables de distinguer des inputs linguistiques différents et se spécialisent dans leur langue maternelle jusqu'au point de reconnaître des mots (Hallé, 2004). Notons le parallèle qu'établit Gordon (1989) entre l'oreille musicale et linguistique. A la naissance, et probablement de manière comparable chez tous les nouveau-nés, l'oreille musicale est à son apogée, puisqu'elle perçoit tous les sons. La constitution de l'oreille musicale serait la conséquence d'une opération d'adaptation, qui crée une réduction du potentiel, en fonction des stimulations de l'environnement, tout comme la spécialisation linguistique.

Saffran (Saffran, Aslin, & Newport, 1996 ; Saffran, Newport, Aslin, Tunick, & Barrueco, 1997; Saffran, Johnson, Aslin, & Newport, 1999) explore abondamment le domaine de l'acquisition langagière et expose les étapes nécessaires, c'est-à-dire la découverte des unités de la langue, leur segmentation, leur concaténation en des unités signifiantes et leur manipulation au sein d'unités plus larges. L'unité syllabique est un élément de choix pour permettre l'extraction par les enfants des formes sonores des mots de la parole continue (Nazzi, Iakimova, Bertoncini, Fredonie, & Alcantara, 2006 ; Nazzi, Iakimova, Bertoncini, Mottet, Serres, & Shanon, 2008). La syllabe est utilisée au cours de l'apprentissage mais également dans la conception de jeux sonores tels que le chant ou les comptines qui insistent sur la musicalité de la parole.

Diverses sources d'informations sont disponibles pour segmenter des mots parlés dans la parole continue. La reconnaissance de mots isolés ne reflétant pas nécessairement ce à quoi nous sommes confrontés dans des conditions usuelles de communication, les travaux récents focalisent leur attention sur l'extraction des unités lexicales à l'intérieur d'unités plus larges. Sachant que la parole continue consiste en une succession de mots produits sans silence entre eux, il est important de savoir quels moyens sont mis en œuvre par le système perceptif pour segmenter la chaîne de parole en mots. Pour résumer brièvement, les études psycholinguistiques ont permis de montrer que le processus de segmentation de la parole en mots sollicite le concours d'indices de natures différentes. En effet, trois principales catégories d'informations sont traditionnellement considérées : les indices phonétiques, induisant une approche selon laquelle le signal acoustique fournit des indices de débuts et de fins de mots ; les indices phonologiques, induisant une approche selon laquelle les sujets sont sensibles aux variations segmentales et supra-segmentales de leur langue ; et enfin l'information lexicale, induisant une approche selon laquelle la segmentation est la résultante du processus de reconnaissance des mots individuels.

Nous nous intéresserons ici à l'utilisation des probabilités transitionnelles, largement décrite et étudiée dans divers domaines.

### *III.1.2. L'apprentissage statistique*

L'extraction de probabilités transitionnelles, dont nous parlerons amplement dans le présent travail, est un apprentissage statistique qui fait partie du domaine d'étude plus général concerné par les apprentissages implicites.

Les apprentissages implicites sont définis comme reflétant l'acquisition automatique de connaissances par le système cognitif, sans intention d'apprendre ni conscience d'avoir appris (Cleeremans, Destrebecqz, & Boyer, 1998). Ils reflètent donc un mode d'adaptation de l'individu à son environnement qui est basé sur la capture des régularités qui le composent (Perruchet, & Vinter, 1998 ; Reber, 1992). Ce type d'apprentissage n'est pas l'apanage du domaine linguistique ou musical et ne se limite d'ailleurs pas à l'extraction de probabilités transitionnelles. Il peut concerner, par exemple, l'apprentissage de règles implicites de grammaires artificielles (Gomez, & Gerken, 1999).

L'apprentissage statistique basé sur les probabilités transitionnelles ne se limite pas non plus au domaine linguistique ou musical (Saffran, Pollak, Seibel, & Shkolnik, 2007), puisqu'il s'observe aussi au niveau visuel (Kirkham, Slemmer, & Johnson, 2002). Par ailleurs, cet apprentissage se retrouve également chez des primates (Hauser, Newport, & Aslin, 2001).

Bien que Casillas (2008) relativise le pouvoir de cet apprentissage qui ne serait pas suffisant, seul, à l'acquisition du langage, il semble en être un élément puissant. En effet, dans les langues naturelles, la probabilité qu'une syllabe Y suive la syllabe X est bien plus forte à l'intérieur des mots qu'entre les mots. Pour reprendre l'exemple classique de Saffran, dans l'expression « pretty baby », l'occurrence de la syllabe « pre » permet de prédire celle de la syllabe « tty » avec une probabilité de 80%, alors que l'occurrence de la syllabe « tty » ne permet de prédire celle de la syllabe « ba » qu'avec une probabilité de 1%, puisque le mot « pretty » peut être suivi, de manière tout aussi fréquente dans l'environnement, par le mot « mammy », « daddy », « cat », « dog », « doll », etc. De manière plus précise, la probabilité transitionnelle prend en considération la cooccurrence entre syllabes et les fréquences absolues des syllabes ( $P(Y/X) = \text{fréquence de la paire XY} / \text{fréquence de X}$ ). L'exploitation des probabilités transitionnelles permettrait donc d'inférer les frontières de mots, et ce, sans qu'aucune connaissance lexicale préalable de la langue ne soit nécessaire. C'est pourquoi cette exploitation a été décrite comme une « première fenêtre » ouverte sur la découverte des mots dans un flux continu de parole (Thiessen, & Saffran, 2003), fenêtre particulièrement précieuse dans les premières étapes de l'acquisition du langage.

Notons que bien que des études aient montré que de jeunes bébés utilisent les probabilités transitionnelles, et qu'en ce sens, il s'agit bien d'un apprentissage involontaire, puisqu'on peut difficilement les soupçonner d'un apprentissage intentionnel, ceci n'implique pas que ce type d'apprentissage ne nécessite pas d'attention. Une étude de Toro, Sinnett et Soto-Faraco (2005) montre que l'attention est nécessaire au bon fonctionnement de ce mécanisme d'apprentissage, en tout cas au niveau linguistique. En effet, les sujets passifs réussissent le test d'extraction d'un mot d'une séquence continue de parole tandis que les sujets qui effectuaient une autre tâche cognitivement exigeante lors de l'écoute de la séquence échouent au test et n'utilisent pas les probabilités transitionnelles pour segmenter le flux de parole continue en mots.

### III.1.2.1. Domaine langagier

Le processus de segmentation de la parole tient compte des propriétés statistiques pour extraire des mots d'un signal de parole continue. L'étude du rôle des indices probabilistes dans le processus de segmentation de la parole s'est basée sur l'apprentissage de langues artificielles. De longues séquences de parole, sans signification, dans lesquelles on manipule la fréquence d'apparition de certaines syllabes, sont présentées. Si les probabilités de succession des syllabes dans le signal sont traitées par le système pour émettre des hypothèses sur les frontières des mots, les auditeurs sont sensés tenir compte des différences de probabilité de ces séquences dans les tâches proposées. Des résultats confirmant l'importance des régularités probabilistes ont été mis en évidence chez des bébés de quelques mois à qui on a fait écouter des séquences de parole sans signification (Saffran, & al., 1997).

Des processus semblables sont observables chez l'adulte. Des locuteurs anglophones ont été exposés pendant quelques minutes à des séquences de parole sans signification dans lesquelles les probabilités transitionnelles des syllabes ont été manipulées (Saffran, & al., 1996). Dans une phase ultérieure, les participants écoutent des stimuli extraits des séquences qui ont été présentées. Leur tâche est de donner un jugement lexical (dire si le stimulus correspond ou pas à un mot dans la langue imaginaire qu'ils viennent d'entendre). Les auteurs observent une tendance à faire reposer les réponses sur les probabilités transitionnelles. Les valeurs faibles de probabilités transitionnelles incitent les participants à supposer qu'une frontière de mots sépare deux syllabes alors que les valeurs élevées les conduisent à considérer ces suites comme appartenant au même mot. Saffran et al. (1996) en concluent que des informations de type probabiliste peuvent être utilisées par le système cognitif dans les processus de segmentation de la parole continue.

Des propositions similaires se retrouvent chez d'autres auteurs (Brent, & Cartwright, 1996) qui présentent des simulations mettant en évidence la facilitation des processus de segmentation lexicale liée à l'utilisation de données probabilistes. La syllabe est donc une unité sur laquelle peut se baser l'apprentissage statistique par extraction de probabilités transitionnelles (Aslin, Saffran, & Newport, 1998).

### III.1.2.2. Domaine musical

Saffran et al. (1999) ont observé l'apprentissage de séquences sonores non linguistiques par les propriétés statistiques. Dans un premier temps, Saffran et al. (1999) ont testé des adultes non-musiciens (qui se sont auto-identifiés comme tels, n'ont reçu aucun enseignement instrumental, ne pratiquent pas de chant en chorale, et n'ont donc pas de formation musicale particulière), puis les auteurs ont observé des enfants âgés de huit mois. Le matériel provenait de l'expérience sur les probabilités transitionnelles des syllabes (Saffran, & al., 1996) mais chaque syllabe était remplacée par un matériel musical (onze notes différentes, comprises dans une même octave). Les résultats suggèrent qu'un mécanisme d'apprentissage statistique est opérationnel dans le domaine musical tout comme dans le domaine linguistique. Les conclusions révèlent que ces habiletés sont appliquées et apparaissent comme particulièrement pertinentes pour les sujets (adultes et enfants de 8 mois). Des données neuropsychologiques (Abla, & Okanoya, 2008) montrent par ailleurs que la segmentation de séquences non-linguistiques active le cortex frontal inférieur gauche.

### III.1.2.3. Interaction des domaines langagier et musical

Saffran (2003) défend l'hypothèse selon laquelle les mécanismes appliqués à l'apprentissage musical et au développement du langage sont similaires. La question se pose lorsque les deux modalités sont associées. Schön et al. (2008) proposent des éléments de réponse. En effet, dans le but d'étudier l'intervention de modulations fréquentielles dans l'utilisation des propriétés statistiques des syllabes, Schön et al. ont mis au point une méthode astucieuse et ouvrent la voie à l'expérimentation du bénéfice du chant dans l'acquisition du langage.

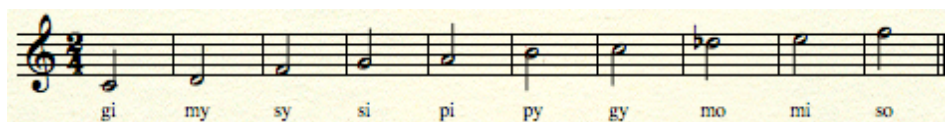
### III.2. Le chant comme support à l'acquisition du langage : étude de Schön, D., Boyer, M., Moreno, S., Besson, M., Peretz, I., Kolinsky, R., 2008

Dans la perspective d'observer les liens entre musique et langage, Schön et al. (2008) ont combiné les informations linguistiques et musicales pour comparer l'apprentissage d'une langue artificielle basé sur une séquence parlée versus sur une séquence chantée. Les résultats de trois expériences menées sur trois groupes différents de sujets francophones non-musiciens sont comparés.

La première expérience consiste à écouter une séquence « parlée », la seconde une séquence « chantée synchronisée » dans laquelle les informations linguistiques et musicales sont congruentes, et la dernière présente également une séquence chantée, mais les informations linguistiques et musicales y sont « désynchronisées ». Les auteurs ont fait l'hypothèse que, comparée aux séquences parlées, la concordance des informations linguistiques et musicales pourrait accroître l'apprentissage statistique.

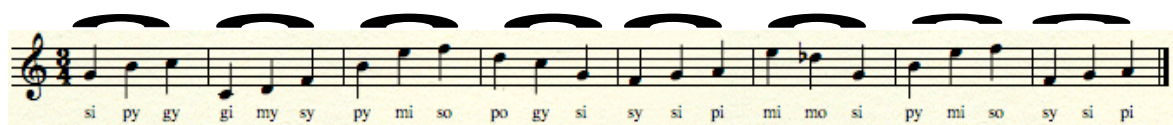
Plus précisément, les séquences présentées aux sujets sont des séquences de sept minutes trente de parole constituées de six « mots » de trois syllabes sans signification. Quatre consonnes et trois voyelles, combinées en onze syllabes, forment six « mots » trisyllabiques, définis par les probabilités transitionnelles entre syllabes adjacentes. Celles-ci sont contrôlées de manière à être plus élevées à l'intérieur de ces PT-mots qu'entre les PT-mots de la langue artificielle. Le texte synthétisé contient 108 répétitions, présentées au hasard, des six PT-mots (mimosi, pogysi, pymiso, sipygy, gimysy, sysipi) avec la condition que deux mêmes PT-mots ne se suivent pas. Les auteurs ont utilisé le logiciel Mbrola pour synthétiser ce matériel (<http://tcts.fpms.ac.be/synthesis/mbrola.html>). La conséquence d'une telle procédure de construction donne une suite monotone et continue de syllabes énoncée par une voix masculine.

Pour répondre aux exigences de l'expérience « synchronisée », le matériel a été modifié et chaque syllabe est associée à une hauteur fréquentielle (note) différente, comme illustré à la Figure 1.



**Figure 1:** Correspondances syllabe-note

Grâce à ces correspondances entre syllabes et notes, chaque PT-mot présente un contour intonatoire particulier et superposable aux probabilités transitionnelles propres au matériel linguistique (cf. Figure 2).



**Figure 2:** Extrait de la séquence synchronisée

Pour l'expérience « désynchronisée », les séquences linguistique et musicale sont les mêmes mais déphasées, ce qui a pour conséquence qu'un PT-mot peut avoir plusieurs contours intonatoires durant la séquence (cf. Figure 3).



**Figure 3:** Extrait de la séquence désynchronisée

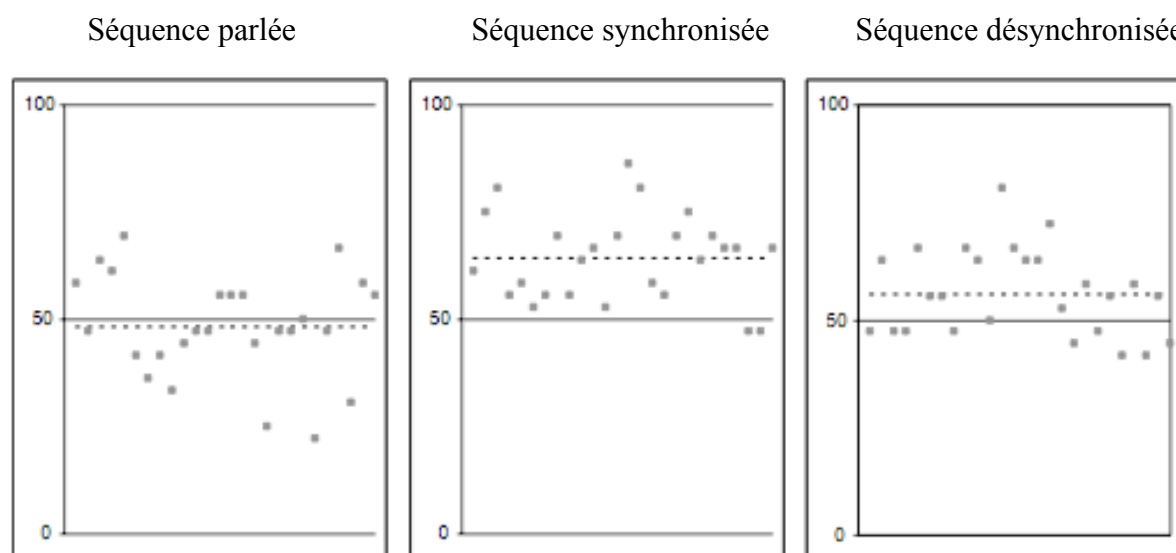
L'expérience débute par la phase d'apprentissage, au cours de laquelle les participants sont invités à écouter la suite de syllabes, attentivement, sans chercher à l'analyser. Au cours de la phase test, les sujets doivent indiquer quelle séquence trisyllabique, parmi deux, est la plus ressemblante au lexique de la langue présentée. Il s'agit donc d'une tâche de choix forcé entre deux séquences. Notons que quel que soit le matériel auquel le sujet avait été confronté lors de la phase d'apprentissage (parlé, synchronisé ou désynchronisé), le matériel de ce test linguistique est toujours proposé en modalité parlée, prononcé par la même voix masculine que lors de la phase d'apprentissage. Le test (Annexe 4) inclut 36 paires constituées d'un des six PT-mots présents dans les séquences et d'une « partie de mot », issue du même matériel mais ne respectant pas les probabilités transitionnelles (dernière syllabe d'un PT-mot et les deux premières du PT-mot suivant, ou deux dernières syllabes d'un PT-mot et première du PT-mot suivant).

Relevons le fait que dans cette étude, la longueur de l'exposition à la langue artificielle (phase d'apprentissage) est diminuée par rapport à l'expérience de Saffran et al. (1996). Les auteurs ont pu répliquer les résultats de Saffran et al. avec un matériel modifié mais de même longueur. Ils sont conscients qu'une période de sept minutes (versus 21 minutes dans l'étude de Saffran et al.) n'est pas suffisante à l'apprentissage de la séquence parlée mais ils font l'hypothèse que l'apprentissage est possible pour la séquence chantée et suffit à observer des résultats différents entre les expériences.

En ce qui concerne la séquence parlée, le niveau de performance des participants n'est pas significativement différent du niveau de hasard. Après sept minutes trente d'exposition, ces sujets ne sont donc pas capables de distinguer les PT-mots des « parties de mots ». Par contre, pour la séquence synchronisée, un apprentissage a eu lieu puisque les performances au test linguistique sont au-dessus du niveau du hasard. Ainsi, la simple addition d'informations musicales a permis aux sujets de discriminer les PT-mots des « parties de mots » appariées.

D'après les auteurs, les performances pourraient être expliquées par l'augmentation générale du niveau d'activité et d'attention suscité par l'aspect musical et/ou par les qualités structurelles de la musique. En effet, la présence de changements mélodiques entre les syllabes pourrait contribuer à repérer les frontières phonologiques et donc augmenter la discrimination phonologique. Les syllabes seraient distinguées non seulement sur la base de leurs propriétés phonétiques mais également sur la base de l'information mélodique. La consistance adoptée dans l'application des frontières linguistiques et mélodiques pourrait faciliter globalement l'extraction des probabilités transitionnelles, augmentant ainsi l'efficacité du mécanisme d'apprentissage statistique. C'est pour départager ces deux interprétations que les résultats observés avec la séquence « désynchronisée » sont importants. En effet, rappelons qu'ici les variations fréquentielles ajoutées ne sont pas congruentes: les PT-mots et les PT-mélodies sont désynchronisés puisque les PT-mots sont chantés sur des contours intonatoires différents au cours de la phase d'apprentissage. Dans ce cas, les résultats indiquent que les performances sont significativement au-dessus du niveau du hasard et se situent exactement entre les résultats aux séquences parlée et synchronisée (cf. Figure 4).

Autrement dit, l'entraînement avec mélodie est plus efficace quand les structures musicale et linguistique sont en phase mais reste bénéfique lorsque les frontières ne coïncident pas. Les auteurs expliquent ces performances par l'aspect motivationnel de la musique.



**Figure 4 :** Résultats issus de Schön et al. (2008) : pourcentage de réponses correctes au test linguistique pour les trois expériences proposées



Notons pourtant que, si les différences sont significatives, le pourcentage de réponses correctes ne dépasse pas 64% pour la séquence synchronisée et 56% pour la séquence désynchronisée. Les différences entre les séquences sont donc de faible amplitude. Nous reviendrons plus loin sur ce point.

En conclusion, les auteurs confirment que l'apprentissage d'une nouvelle langue, particulièrement dans la première phase, au cours de laquelle il est nécessaire de segmenter les mots nouveaux, peut largement bénéficier des propriétés structurales et motivationnelles de la musique contenues dans le chant. En effet, le chant pourrait aider l'acquisition du langage à plusieurs niveaux : l'aspect émotionnel d'une chanson augmente le niveau d'activité et d'attention, la présence de contours mélodiques pourrait accroître la discrimination phonologique (un changement de syllabe est souvent accompagné d'un changement mélodique), le recouplement consistant des structures musicale et linguistique pourrait optimiser les mécanismes d'apprentissage. En d'autres termes, les résultats confirment l'hypothèse que la concordance des informations linguistiques et musicales accroît l'apprentissage d'une langue artificielle, même si les propriétés motivationnelles et émotionnelles de la musique ont déjà un impact en elles-mêmes. Ces idées nous ont guidé dans l'élaboration de notre recherche et nous avons pu bénéficier du matériel utilisé pour explorer l'effet éventuel d'une expertise musicale ou linguistique.

**Partie expérimentale**

**Rôle de l'expertise musicale ou linguistique**

Dans le cadre du débat sur la spécificité de traitement de la musique et du langage, nous comparerons les effets de différentes expertises dans l'utilisation des probabilités transitionnelles d'un matériel linguistique et musical.

D'après la littérature, l'expertise musicale permet le développement d'habiletés auditives (reconnaissance d'intervalles musicaux également présents dans la parole par la prosodie) mais également un transfert de compétences dans d'autres domaines cognitifs.

Par ailleurs, les experts en langage sont formés à la discrimination phonémique et sont particulièrement précis dans l'analyse d'un corpus langagier. Ils ont une écoute affinée de la langue et nous souhaitons observer l'éventualité d'un impact de ce type d'expertise sur l'utilisation des probabilités transitionnelles tant dans le domaine du langage que dans celui de la musique, ce qui constituerait un effet de transfert de leur expertise dans le domaine musical.

Cette population nous permet également de contrôler la spécificité des effets de l'expertise, si de tels effets étaient observés chez les experts en musique.

## **I. Population**

### **I.1. Critères d'expertise**

Une rapide revue de la littérature nous permet de constater que les critères d'expertise musicale varient selon les études.

Chandrasekaran, Ananthanarayan et Gandour (2009) incluent des amateurs instrumentistes ayant commencé leur pratique avant l'âge de dix ans et poursuivi pendant plus de huit ans dans les experts musiciens tandis que les non-musiciens englobent les sujets ne pratiquant pas depuis cinq années.

Schön et al. (2004) ne prennent en considération que les musiciens pratiquant depuis minimum quinze années tandis que Musacchia, Strait et Kraus (2008) réduisent les années de pratique à dix ans mais choisissent des sujets ayant commencé leur apprentissage musical avant cinq ans, pratiquant plus de trois fois par semaine à raison de quatre heures.

En 2007, Lidji, Kolinsky, Lochy et Morais définissent les musiciens comme des personnes pratiquant un instrument ou chantant à un haut niveau (professionnel, étudiant en musique, amateurs de haut niveau avec un minimum de huit années de pratique) tandis que les non-musiciens n'ont pas d'expérience musicale ou un maximum de trois ans avec une interruption d'au moins sept ans.

Plus récemment, Kolinsky, Lidji, Peretz, Besson et Morais (2009) considèrent qu'un non-musicien n'a jamais pratiqué de musique ou n'a pas pratiqué plus de quatre années avec un arrêt de plus de cinq ans.

La définition de l'expertise évolue suivant les recherches mais une récente étude précise les critères (Kolinsky, Cuvelier, Goetry, Peretz, & Morais, 2009). Les participants musiciens ont commencé à apprendre la musique depuis l'âge de 4 à 12 ans, pratiquent depuis 12 à 22 ans un instrument, avec une formation « classique ». Les non-musiciens n'ont pas de formation en solfège, n'ont jamais appris à lire ou écrire les notations musicales, sont incapables de le faire, n'ont pas plus de trois années de pratique instrumentale et l'arrêt s'est fait depuis au moins six ans.

Notons que les critères pour les enfants sont souvent plus stricts pour les non-musiciens, avec une absence totale d'entraînement musical, pas de pratique instrumentale, pas de chant en chorale ni de leçon de musique extra-scolaire (Jentschke, & Koelsch, 2009). L'observation d'enfants de dix à onze ans visait à cibler les mécanismes variant lors d'une expertise musicale et le transfert d'un entraînement musical sur d'autres habiletés cognitives.

## I.2. Critères de notre recherche

### *I.2.1. Non experts*

Dans notre travail, les groupes de non-musiciens suivent les critères de l'étude de Kolinsky et al. (2009). Les sujets n'ont pas de formation en solfège, ne connaissent ou ne maîtrisent pas l'écriture musicale et n'ont pas de pratique instrumentale (ou limitée à trois années avec arrêt depuis plus de six ans).

Afin de ne pas inclure des musiciens autodidactes, sans formation conventionnelle dans ce groupe, nous avons tenu compte de l'écoute musicale (active, passive), de l'exposition (nombre de concerts) et des préférences.

### *1.2.2. Experts en musique*

L'expertise musicale est considérée ici à partir d'un niveau de conservatoire afin que les sujets aient suivi une formation musicale permettant l'examen d'entrée au conservatoire (fin d'académie). A ce niveau, les intervalles fréquentiels sont reconnus (dictées mélodiques à une ou plusieurs voix, au piano ou instrumentales), analysés (théorie, cours d'écriture et d'harmonie) et pratiqués (lectures chantées, pratique instrumentale et cours de chant d'ensemble). Par ailleurs, des sessions d'improvisation permettent d'appréhender la musique sous différents aspects.

Cinq participants n'ont pas suivi le parcours conventionnel, mais leur grand nombre d'années de chant suppose une conscience intervallique et une écoute particulièrement fine des variations fréquentielles.

Pour chaque musicien, nous avons noté le type d'écoute afin de spécifier si le sujet utilise les intervalles (oreille relative) ou s'il privilégie la hauteur tonale (oreille absolue).

L'instrument pratiqué nous paraît aussi important dans la perception des hauteurs. En effet, la production nécessite différentes compétences suivant la famille instrumentale (visuelle, kinesthésique et auditive pour les claviers, kinesthésique et auditive pour les cordes frottées, proprioceptive et auditive pour les instruments à vent et les chanteurs, mentale pour les compositeurs). Nous supposons que la production et l'entraînement influence la modalité de perception et sa qualité.

Bien que l'expertise musicale se base dans notre étude sur un parcours « classique » pour des raisons de contrôle expérimental, nous sommes conscients que ce n'est pas la seule pratique, et nous n'avons écarté les sujets ayant une autre pratique que parce que celle-ci devient parfois difficilement quantifiable.

### *1.2.3. Experts en langage*

Des logopèdes expérimentés (gradués ou licenciés) et des étudiants en Master 2 à l'Université Libre de Bruxelles ou à l'Université Catholique de Louvain la Neuve ont participé aux expériences. Les cours dispensés pendant le cursus universitaire ainsi que la pratique lors des stages nous permettent d'estimer que la discrimination phonémique est fine. De plus, l'exercice de cette profession nécessite la capacité d'extraire des mots d'un corpus, parfois non intelligible. Quelques participants sont des interprètes, des comédiens ou multilingues ayant suivi une formation en linguistique ou en phonétique.

Tous les participants se sont portés volontaires et ont semblé s'impliquer consciencieusement dans les expériences proposées afin de nous aider à réaliser ce projet.

## **II. Contrôle des variables**

Pour l'ensemble des expériences proposées, les consignes (Annexe 3) sont simples et identiques d'un sujet à l'autre. Le niveau d'expertise se base sur différents critères définis précédemment. Nous avons souhaité contrôler d'autres paramètres malgré le grand nombre de sujets et le temps limité pour les tester grâce à une tâche de répétition de pseudo-mots (Annexe 1) et un entretien dirigé (Annexe 2).

### **II.1. Test de répétition de pseudo-mots**

Afin de ne pas dévoiler le but de notre étude, nous avons commencé par l'expérience d'apprentissage de langue artificielle puis proposé un test langagier issu de la BELEC (Batterie d'Evaluation du Langage Ecrit, Mousty, Leybaert, Alegria, Content, & Morais, 1994).

La répétition de pseudo-mots de structure Consonne - Voyelle (c'est-à-dire de même structure que les syllabes présentées dans la phase d'apprentissage), de plus en plus longs, a permis d'écarter d'éventuels troubles de discrimination auditive et d'évaluer l'empan mnésique immédiat sur un matériel verbal (sans signification) des sujets.

### **II.2. Entretien**

L'entretien dirigé nous a permis de situer les sujets au sein des différents groupes et de contrôler certaines variables parasites.

En fin de séance, la réponse à des questions ouvertes et certaines observations (ainsi que des mimiques et soupirs) seront reprises dans l'interprétation des résultats mais seront aussi d'une grande richesse pour envisager une amélioration de notre recherche. Nous reprenons ci-dessous les principales caractéristiques relevées.

- **Identification** : le sexe, l'âge, la latéralité, la profession, le niveau d'étude, les études en cours, le parcours scolaire, universitaire, professionnel.

- **Conditions expérimentales** : le lieu, la date, l'heure de passation, le confort du sujet.

- **Audition** : la Batterie Centrale de l'Audition et des audiogrammes auraient permis de vérifier les capacités de sujets mais au vu du nombre de participants, nous nous sommes basés sur la présence d'antécédents médicaux (otites, drains, surdité) et sur leur propre évaluation qualitative. Au niveau musical, la batterie de Montréal d'évaluation de l'amusicie (MBEA, Peretz, Champod, & Hyde, 2003) permet de tester la perception de différents paramètres musicaux mais elle n'a pu être administrée étant donné sa longueur.

- **Expertise linguistique** : la langue maternelle, les langues pratiquées (comprises, parlées, type d'apprentissage, âge de l'apprentissage, nombre d'années de pratique et fréquence d'utilisation) et l'appétence aux langues étrangères. Pour évaluer le niveau d'expertise, nous avons également tenu compte de la formation en linguistique (cours de diction, de phonétique) et de la pratique en ce qui concerne les logopèdes (spécialité, expérience, niveau d'étude).

- **Ecoute musicale** : l'estimation du nombre d'heures d'écoute quotidienne (passive : télévision, radio, transports publics / active : intention et choix d'une musique particulière), le nombre de concerts par mois, les styles musicaux appréciés. S'il s'agit de chansons, nous nous sommes intéressés à la langue et à l'importance attribuée respectivement aux paroles, à la mélodie et à l'accompagnement.

- **Expertise musicale** : le(s) instrument(s) pratiqué(s), l'âge de début de formation, le nombre d'années d'étude, le parcours académique, le niveau de conservatoire, les prix obtenus, le nombre d'heures de pratique quotidienne, le nombre de représentations, le cadre des prestations, l'écoute par oreille absolue ou relative, l'expérience relative au chant.

### III. Méthode

Les expériences se sont déroulées dans divers locaux, calmes, selon la disponibilité des volontaires. La passation individuelle a été réalisée à l'aide d'un ordinateur portable et d'un casque Panasonic RP – HTX7, le volume étant similaire pour tous les participants.

Afin de contrôler l'effet de mémorisation du matériel, nous n'avons testé chaque sujet que dans une seule expérience (matériel parlé, synchronisé ou désynchronisé). Au total, 132 sujets francophones ont participé à notre recherche et nous avons retenu 126 participants pour l'analyse des résultats (cf. Tableau 1). Deux sujets ont été écartés du fait d'une déficience auditive, trois sujets n'ont pu être identifiés quant à leur expertise et un sujet n'a pas été testé dans des conditions optimales (bruit environnant).

		Groupe			Total
		non experts	Experts musique	Experts langage	
Séquence	parlée	14	16	7	37
	synchronisée	20	20	8	48
	désynchronisée	16	16	9	41
Total		50	52	24	126

**Tableau1: Tableau des effectifs pour chaque groupe, selon l'expérience proposée**

#### III.1. Expérience I : Matériel parlé

##### *III.1.1. Participants*

Non experts : 14 volontaires (8 hommes, 6 femmes), 12 droitiers et deux ambidextres, âgés de 29 à 60 ans ( $m=46,5$  ans,  $ET=11,7$ )

Experts en musique : 16 volontaires (5 hommes et 11 femmes), 13 droitiers et 3 gauchers, âgés de 19 à 69 ans ( $m=28,06$ ,  $ET=14,91$ ). L'âge de début de formation varie de 5 à 12 ans, le nombre d'années de pratique varie de 8 à 52 ans ( $m=16,5$ ,  $ET=10,48$ ) et le nombre d'heures de pratique quotidienne varie de 1 à 6 heures ( $m=3,37$ ,  $ET=1,54$ ). Dans cette catégorie, les familles instrumentales suivantes sont représentées : 5 pianistes, 2 instrumentistes à vent, 3 instrumentistes à cordes, 2 compositeurs et 4 chanteurs.

Experts en langage : 7 volontaires (1 homme et 6 femmes), 5 droitiers et 1 gauchère, âgés de 24 à 51 ans ( $m=30,29$ ,  $ET=9,69$ )



### III.1.2. Matériel et procédure

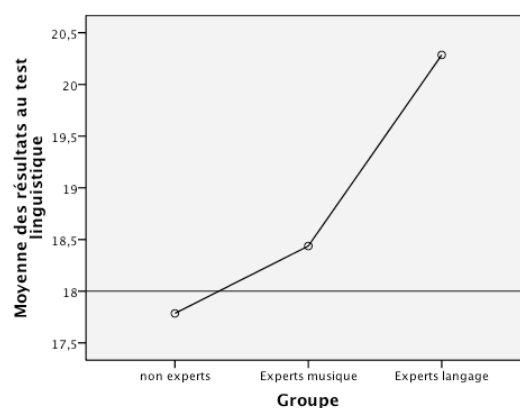
Au cours de la phase d'apprentissage, nous avons demandé aux participants d'écouter la suite de syllabes attentivement, sans chercher à l'analyser. Il s'agit du matériel « séquence parlée » utilisé dans l'étude de Schön et al. (2008). Au cours du test linguistique (Annexe 3), les sujets devaient indiquer quelle séquence trisyllabique, parmi les deux présentées, était la plus ressemblante au lexique de la langue présentée.

### III.1.3. Prédiction

Nous nous attendions à observer des résultats comparables à l'étude de Schön et al. (2008), c'est-à-dire des performances non significativement différentes du niveau du hasard, quelle que soit l'expertise.

### III.1.4. Résultats

Le nombre moyen de réponses correctes au test linguistique est présenté à la Figure 1. Le niveau du hasard dans ce test (comme dans celui des Expériences II et III) correspond à 18 réponses correctes (50%). Seuls les résultats des experts en langage se différencient significativement du niveau du hasard, selon un test-t unilatéral ( $t(6) = 2.94$  ;  $p < .025$  ;  $p > .10$  pour les deux autres groupes,).



**Figure 5 :** Diagramme des résultats (moyennes des réponses correctes), selon le groupe (non-experts, experts en langage, experts en musique), pour l'expérience I (séquence parlée)

Tant ces résultats que la Figure 1 suggèrent que les experts en langage obtiennent de meilleurs scores que les experts en musique et les non-experts.

Cette impression n'est toutefois pas confirmée par l'analyse de variance (*ANOVA*) dans laquelle l'expertise est le facteur inter-sujets ( $F < 1$ ). Les résultats au test linguistique ne permettent donc pas de conclure à un effet d'expertise sur l'utilisation des probabilités transitionnelles dans la séquence parlée.

### III.2. Expérience II : Matériel chanté synchronisé

#### *III.2.1. Participants*

Non experts : 20 volontaires (5 hommes, 15 femmes), 17 droitiers et 3 ambidextres, âgés de 20 à 59 ans ( $m=35,55$  ans,  $ET=9,35$ )

Experts en musique : 20 volontaires (7 hommes et 13 femmes), 16 droitiers, 2 gauchers et 2 ambidextres, âgés de 19 à 68 ans ( $m=32,65$ ,  $ET=16,6$ ). L'âge de début de formation varie de 3 à 12 ans, le nombre d'années de pratique varie de 9 à 47 ans ( $m=18,7$ ,  $ET=9,95$ ) et le nombre d'heures de pratique quotidienne varie de 1 à 6 ( $m=2,85$ ,  $ET=1,66$ ). Dans cette catégorie, les familles instrumentales suivantes sont représentées : 7 pianistes, 2 instrumentistes à vent, 5 instrumentistes à cordes, 1 compositeur et 5 chanteurs.

Experts en langage : 8 volontaires (1 homme et 7 femmes), droitiers, âgés de 23 à 34 ans ( $m=26$ ,  $ET=3,74$ )

#### *III.2.2. Matériel et procédure*

Le matériel (séquence synchronisé et test linguistique) est issu de la recherche de Schön et al. (2008).

La méthodologie est identique à celle de l'expérience précédente, mais les syllabes de la séquence continue sont chantées synthétiquement et non parlées (voir Figure 2). Chaque mot a son propre contour mélodique ; les probabilités transitionnelles linguistique et musicale sont en congruences.

La phase de test se déroule avec le même matériel (Annexe 3) que la première expérience.

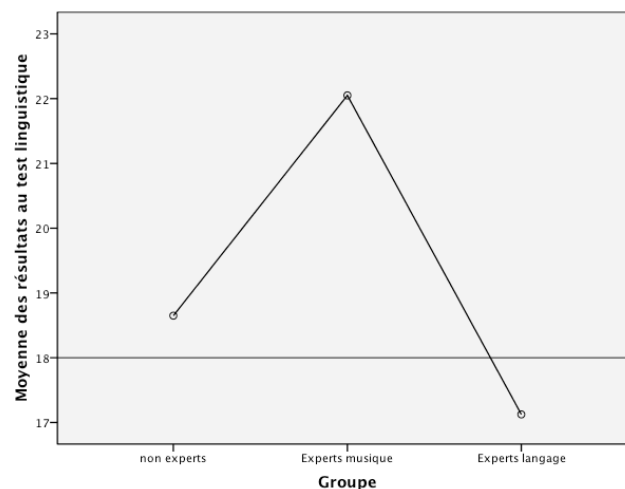
### III.2.3. Prédictions

Bien que nous nous attendions à observer des performances supérieures à la première expérience pour chaque groupe de sujets (cf. Schön, & al., 2008), notre intérêt principal portait sur les effets de l'expertise. Nous supposons que les experts en musique seraient particulièrement performants dans cette tâche, mais ne pouvions prédire les résultats des experts en linguistique. La comparaison des trois groupes apportera des éléments à l'interprétation d'un éventuel effet d'expertise.

### III.2.4. Résultats

Le nombre moyen de réponses correctes au test linguistique passé après l'expérience chantée synchronisée est présenté à la Figure 6. Seuls les résultats des experts en musique se différencient significativement du niveau du hasard ( $t(19) = 3.92$  ;  $p < .005$  ;  $p > .10$  pour les deux autres groupes).

Ces résultats, tout comme la Figure 6, suggèrent que les experts en musique obtiennent de meilleurs scores que les non-experts et que les experts en langage. Cette impression est confirmée par l'ANOVA qui tenait compte de l'expertise comme facteur inter-sujets ( $F(2, 45) = 6.795$ ,  $p < .005$ ). Le test post-hoc de Bonferroni montre une supériorité des experts en musique sur les non-experts (moyenne de la différence 3.40; erreur standard : 1.17;  $p < .025$ ) ainsi que sur les experts en langage (moyenne de la différence : 4.93; erreur standard : 1.54;  $p < .01$ ). En revanche, aucune différence n'apparaît entre les experts en langage et les non-experts ( $p > .10$ ).



**Figure 6 : Diagramme des résultats (moyennes des réponses correctes au test linguistique), selon le groupe (non-experts, experts en langage, experts en musique), pour l'expérience II (séquence chantée synchronisée)**

Cette expérience utilise un matériel chanté avec des probabilités transitionnelles musicale et linguistique synchronisées. Les résultats au test linguistique mettent en évidence l'effet de l'expertise musicale.

### III.3. Expérience III : Matériel chanté désynchronisé

#### *III.3.1. Participants*

Non experts : 16 volontaires (8 hommes, 8 femmes), 15 droitiers et 1 ambidextre, âgés de 30 à 66 ans ( $m=45,13$  ans,  $ET= 10,68$ )

Experts en musique : 16 volontaires (8 hommes et 8 femmes), 12 droitiers, 2 gauchers et 2 ambidextres, âgés de 19 à 61 ans ( $m=26,88$ ,  $ET=10,93$ ). L'âge de début de formation varie de 4 à 12 ans, le nombre d'années de pratique varie de 10 à 35 ans ( $m=16,56$ ,  $ET=7,02$ ) et le nombre d'heures de pratique quotidienne varie de 1 à 6 ( $m=3,19$ ,  $ET=1,28$ ). Dans cette catégorie, les familles instrumentales suivantes sont représentées : 5 pianistes, 3 instrumentistes à vent, 3 instrumentistes à cordes, 1 compositeur et 4 chanteurs.

Experts en langage : 9 femmes volontaires, 8 droitiers et 1 ambidextre, âgés de 19 à 66 ans ( $m=34,78$ ,  $ET=12,95$ )

#### *III.3.2. Matériel et procédure*

Sur le modèle de l'étude de Schön et al. (2008), la séquence de pseudo-mots est présentée avec l'ajout de variations fréquentielles non congruentes. Dans ce cas, une suite de syllabes est chantée mais les mots ont des contours intonatoires différents au cours de la phase d'apprentissage (voir Figure 3).

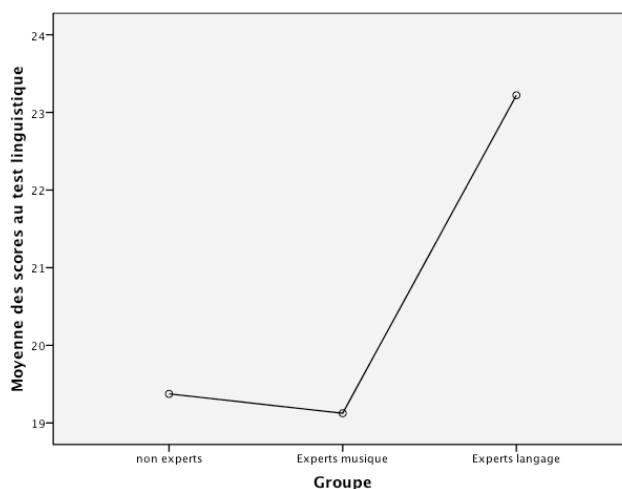
La phase de test se déroule avec le même matériel (Annexe 3) que la première expérience.

### III.3.3. Prédictions

D'après Schön et al. (2008), l'entraînement avec la séquence chantée est plus efficace quand les structures musicale et linguistique sont en phase (séquence synchronisée) mais reste bénéfique lorsque les frontières ne coïncident pas (séquence désynchronisée). Ces performances sont expliquées par l'aspect motivationnel de la musique. Dans notre travail, en ce qui concerne l'influence de l'expertise, nous ne pouvions prédire exactement les résultats mais une différence de profil entre les trois groupes nous renseignera sur la spécificité du traitement du matériel selon l'expertise.

### III.3.4. Résultats

Le nombre moyen de réponses correctes au test linguistique passé après l'expérience chantée désynchronisée est présenté à la Figure 3. Les résultats des non-experts ( $t(15) = 2.33$  ;  $p < .025$ ) et des experts en langage, ( $t(8) = 3.22$  ;  $p < .01$ ) se différencient significativement du niveau du hasard (pour les experts musique,  $p > .10$ ).



**Figure 7 : Diagramme des résultats (moyennes des réponses correctes au test linguistique), selon le groupe (non-experts, experts en langage, experts en musique), pour l'expérience III (séquence chantée désynchronisée)**

Tant ces résultats que la Figure 7 suggèrent que les experts en langage obtiennent de meilleurs scores que les non-experts et que les experts en musique. Cette impression est confirmée par l'ANOVA qui tenait compte de l'expertise comme facteur inter-sujets,  $F(2, 38) = 3.784$ ,  $p < .05$ .

Le test post-hoc de Bonferroni montre une différence significative ( $p < .05$ ) entre les experts en langage et les experts en musique (moyenne de la différence : 4.10; erreur standard : 1.60), et une différence proche de la signification ( $p = .06$ ) entre les experts en langage et les non-experts (moyenne de la différence : 3.85; erreur standard : 1.60). En revanche, aucune différence n'apparaît entre les experts en musique et les non-experts ( $p > .10$ ).

Cette expérience utilise un matériel chanté avec des probabilités transitionnelles musicale et linguistique désynchronisées. Les résultats au test linguistique mettent en évidence l'effet de l'expertise linguistique. D'après les résultats, une incongruité de l'information linguistique et musicale aiderait à l'utilisation des probabilités transitionnelles de la parole pour les experts en langage.

#### III.4. Comparaison des performances au test linguistique entre les trois expériences

Afin d'appuyer l'idée que les effets de l'expertise varient en fonction du type de matériel présenté aux sujets, une ANOVA à deux facteurs inter-sujets, groupe d'expertise (non-experts, experts en musique, experts en langage) et matériel (parlé, synchronisé, désynchronisé) a été réalisée sur base des résultats des 126 sujets (Annexe 5). Ni l'effet principal de l'expertise ( $F(2,117) = 2.21, p > .10$ ) ni l'effet principal du matériel ( $F(2,117) = 2.02, p > .10$ ) ne sont significatifs. Cependant, une interaction hautement significative apparaît entre les deux facteurs considérés ( $F(4,117) = 4.81, p = .001$ ).

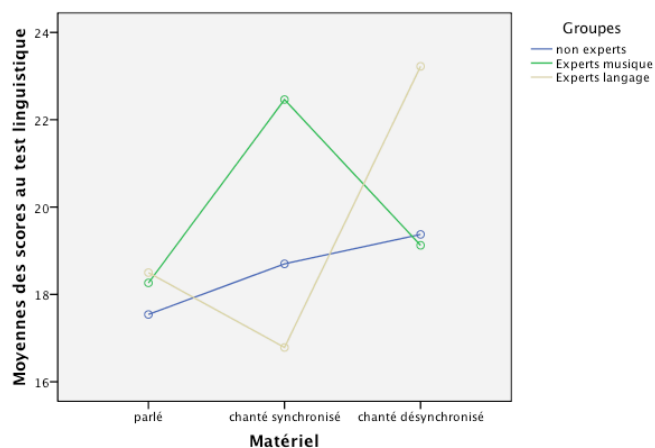


Figure 8 : Interaction entre groupes d'expertise (non-experts, experts en langage, experts en musique) et matériel (parlé, synchronisé, désynchronisé)

Comme illustré à la Figure 8 et comme en avaient déjà témoigné les analyses par expérience présentées ci-dessus, les experts en musique semblent supérieurs aux deux autres groupes lorsque la séquence est synchronisée, alors que les experts en langage obtiennent de meilleurs scores que les non-experts et que les experts en musique lorsque la séquence est désynchronisée.

Par rapport aux résultats de Schön et al. (2008), nos résultats montrent donc que :

- (i) nous ne reproduisons pas la meilleure performance des séquences chantées synchronisées par rapport aux deux autres chez les non-experts ( $F < 1$ ) ;
- (ii) seuls les experts musiciens reproduisent le patron de résultats obtenu par Schön et al. (2008), à savoir de meilleurs scores pour le matériel chanté synchronisé par rapport aux matériels parlé ( $F(1, 117) = 8.10, p = .005$ ) et chanté désynchronisé ( $F(1,117) = 5.31, p < .025$ ) ;
- (iii) les experts en langage, quant à eux, obtiennent de meilleures performances pour le matériel chanté désynchronisé par rapport au matériel chanté synchronisé ( $F(1,117) = 10.98, p = .001$ ) et une tendance à de moins bonnes performances pour le matériel chanté synchronisé par rapport au matériel parlé ( $F(1,117) = 2.61, p = .11$ ).

### III.5. Expérience IV : Exploration d'un test musical

#### *III.5.1. Participants*

Les sujets sont des volontaires de la seconde expérience et le test musical leur a été proposé après le test linguistique, de manière à ne pas biaiser les résultats du test linguistique sur le matériel chanté synchronisé et de pouvoir comparer les performances entre les trois expériences.

Non experts : 5 femmes, droitières, âgées de 24 à 44 ans ( $m=31,6$  ans,  $ET= 7,43$ )

Experts en musique : 7 volontaires (2 hommes et 5 femmes), 5 droitiers et 2 gauchers, âgés de 19 à 68 ans ( $m=38$ ,  $ET=21,12$ ). L'âge de début de formation varie de 5 à 12 ans, le nombre d'années de pratique varie de 10 à 38 ans ( $m=17,86$ ,  $ET=9,61$ ) et le nombre d'heures de pratique quotidienne varie de 1 à 3 heures ( $m=1,71$ ,  $ET=0,95$ ).

Dans cette catégorie, les familles instrumentales suivantes sont représentées : 1 pianiste, 3 instrumentistes à cordes et 3 chanteurs.

Experts en langage : 6 volontaires (1 homme et 5 femmes), droitiers, âgés de 23 à 34 ans ( $m=25,83$ ,  $ET=4,12$ )

### *III.5.2. Matériel et procédure*

Sur le modèle de la seconde expérience, la séquence synchronisée est proposée en phase d'apprentissage.

Afin d'observer l'utilisation des probabilités transitionnelles au niveau musical, nous avons créé un matériel spécifique qui se base sur le même principe que le test linguistique mais sous forme mélodique. A l'aide des correspondances syllabe-note (voir Figure 1), nous avons pu écrire une partition et synthétiser ces mélodies avec le logiciel SoundLive (<http://www.ableton.com/live>).

Il s'agit de 36 paires (Annexe 4) constituées d'une des six mélodies présentes dans la séquence chantée et d'une mélodie, issue du même matériel mais ne respectant plus les probabilités transitionnelles.

Notons que les six mélodies ont un contour soit ascendant, soit descendant. Elles diffèrent au niveau de la hauteur fréquentielle mais également au niveau des intervalles. Le type de traitement du matériel ne peut donc pas privilégier une écoute particulière (absolue ou relative).

Dans cette expérience, les probabilités transitionnelles linguistique et musicale sont superposables. La phase de test porte sur l'aspect strictement musical de la séquence de parole entendue. Il est demandé aux sujets de désigner la mélodie qu'ils attribuent à la séquence synchronisée.

### *III.5.3. Prédiction*

Cette expérience est exploratoire et le nombre de participants est limité. Nous nous attendions à trouver de bonnes performances chez les experts en musique, mais nous ne pouvions prédire les résultats pour les autres participants. Cependant, de bonnes performances chez les experts en langage nous permettraient d'observer la présence d'un transfert d'une expertise linguistique dans le domaine musical.



### III.5.4. Résultats

La Tableau 2 présente les moyennes obtenues au test linguistique, ainsi que, sur les mêmes sujets, au test musical.

	test langage	test musique
Non Experts	17.80 [2.28]	18.20 [2.28]
Experts en Musique	22.43 [4.54]	19.57 [7.25]
Experts en Langage	17.17 [3.12]	20.00 [5.02]

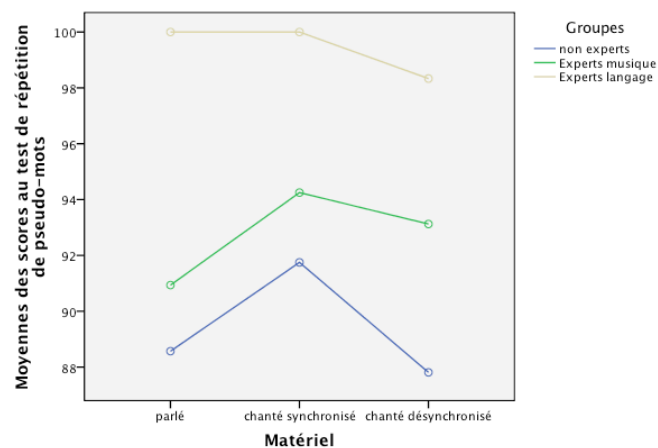
**Tableau 2 :** Moyennes des réponses correctes aux tests linguistique et musical, selon le groupe.

Etant donné la taille réduite des échantillons et en considérant que les groupes (5 non-experts, 7 experts en musique et 6 experts en langage) ont des tailles différentes, nous avons utilisé un test non-paramétrique de Kruskal-Wallis afin de comparer les performances au test musical.

La médiane des scores au test musical est plus élevée chez les experts en langage (10,5) que chez les experts en musique (9,14) et les non-experts (8,80). Le test de Kruskal-Wallis donne un  $\chi^2$  (ddl= 2) de .329, non significatif ( $p > .10$ ). Nous ne pouvons donc pas affirmer qu'il existe une différence de score entre les trois groupes.

### III.6. Test de mémoire de séquences linguistiques : Répétition de pseudo-mots

Afin d'essayer de mieux comprendre le patron de résultats des Expériences 1 à 3, nous avons examiné les résultats des 126 sujets dans le test de répétition de pseudo-mots. Les résultats ont été analysés selon le groupe d'expertise (non-experts, experts en musique, experts en langage) et le matériel (séquences parlée, synchronisée, désynchronisée) grâce à une ANOVA incluant ces deux facteurs.

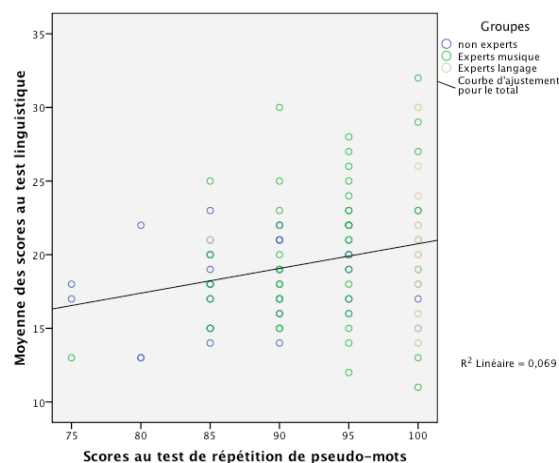


**Figure 9:** Diagramme des moyennes de réponses correctes au test de répétition de pseudo-mots selon l'expertise (non-experts, experts en langage, experts en musique) et le matériel (parlé, synchronisé, désynchronisé)

La Figure 9 suggère que les experts en langage obtiennent des performances supérieures à celles des deux autres groupes, et que les experts en musique sont supérieurs aux non-experts. Cette impression est confirmée par l'ANOVA, dans laquelle on observe un effet principal du groupe d'expertise ( $F(2,117) = 29.61, p < .001$ ).

Le test post-hoc de Bonferroni met en évidence que les experts en langage surpassent les experts en musique (moyenne de la différence : 6.67 ; erreur standard : 1.30 ;  $p < .001$ ), et les non-experts (moyenne de la différence : 10.07 ; erreur standard : 1.31 ;  $p < .001$ ) ; les experts en musique surpassent les non-experts (moyenne de la différence : 3.39 ; erreur standard : 1.05 ;  $p = .005$ ).

Comme illustré à la Figure 10, une corrélation positive apparaît entre les résultats au test linguistique et à la répétition de pseudo-mots pour l'ensemble de la population ( $r = .262, p = .003$ ).



**Figure 10 :** Corrélation entre les performances au test linguistique

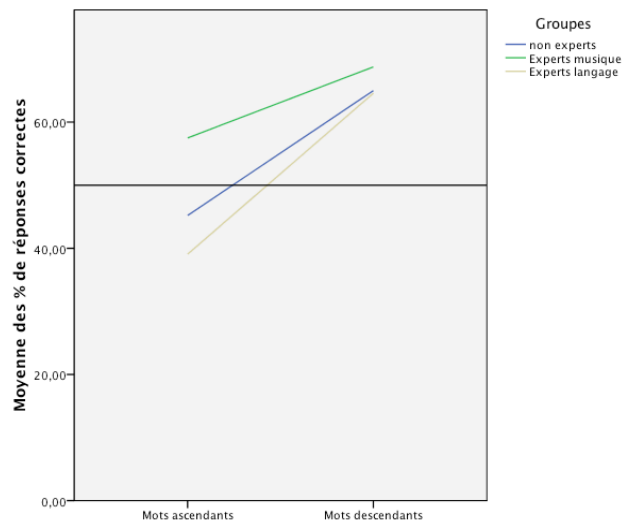
Cependant, la corrélation entre le score au test linguistique et au test de répétition de pseudo-mots est significative pour les non-experts ( $r = .331$ ,  $p < .02$ ), marginalement significative pour les experts en musique ( $r = .237$ ,  $p = .09$ ), et non significative pour les experts en langage ( $p = .88$ ). Notons que cette absence de corrélation chez les experts en langage pourrait en fait ne refléter qu'un effet plafond, ces sujets obtenant tous 100% de réponses correctes dans le test de répétition de pseudo-mots, sauf un (qui obtient 85%).

### III.7. Analyse de la performance au test linguistique en fonction du contour mélodique des PT-mots

Suite aux commentaires des sujets et à l'imitation spontanée de certains pseudo-mots chantés sur un contour ascendant, nous souhaitons comparer le nombre de réponses correctes au test linguistique selon la direction du contour (ascendant ou descendant). Dans la séquence synchronisée, quatre items présentent un contour mélodique ascendant (sipygy, gimysy, pymiso, sysipi) et deux un contour descendant (pogysi, mimosi).

Pour les 48 participants exposés à la séquence synchronisée, nous avons comparé le nombre de réponses correctes au test linguistique pour les PT-mots aux contours ascendants et descendants.

Une ANOVA à mesures répétées sur les contours (ascendants vs descendants) avec le facteur expertise comme facteur inter-sujets montre un effet significatif du contour ( $F(1,45) = 42.62$  ;  $p < .001$ ), avec en moyenne 66.49% de réponses correctes (+/- 18,87 écart type) pour les contours descendants et 49.30% (+/- 11,60) pour les contour ascendants. Les mots à contours descendants seraient donc mieux repérés par l'ensemble des sujets. L'effet du groupe d'expertise est significatif ( $F(2,45) = 3.49$  ;  $p < .05$ ), avec en moyenne 49.72% pour les non-experts, 57.74 pour les experts en musique et 43.31% pour les experts en langage).



**Figure 11 : Moyenne des pourcentages de réponses correctes pour les mots ascendants et descendants, selon le groupe (non-experts, experts en musique, experts en langage)**

Bien que l'interaction entre le groupe d'expertise et le contour ne soit pas significative ( $p > .10$ ), il apparaît dans la Figure 11 que les différences entre groupes sont plus marquées pour les contours ascendants. C'est pourquoi nous avons réalisé des ANOVAs séparées sur les réponses correctes pour chaque contour. Les moyennes ne diffèrent pas significativement entre les groupes pour les mots descendants mais une différence apparaît pour les mots ascendants ( $F(2,45) = 14,832, p < .001$ ). Une comparaison par paires, ajustée par Bonferroni, confirme la différence de moyennes significative au niveau .05 entre les experts en musique et les deux autres groupes. Les experts en musique semblent donc plus sensibles aux mots chantés sur un contour ascendant par rapport aux autres groupes.

### III.8. Modification des facteurs considérés

Dans les analyses présentées jusqu'ici, les critères d'expertise ont été appliqués d'après la littérature. L'entretien dirigé (Annexe 2) nous a permis de guider l'analyse des résultats selon d'autres critères susceptibles d'avoir un impact. L'âge, le sexe, le niveau scolaire, la pratique linguistique, la pratique instrumentale (instrument, nombre d'heures d'exercice, âge de début, nombre d'années de pratique), l'écoute (fréquence et type) ont été examinés et les résultats obtenus par ANOVA et examen des corrélations ne sont pas significatifs. Que ce soit pour le test musical ou le test linguistique, ces facteurs ne semblent pas conditionner la performance des sujets.

## **IV. Discussion**

Ce mémoire s'est largement inspiré de l'étude de Schön et al. (2008). Grâce au matériel de l'expérience et à la création d'un test musical, nous avons étudié l'effet de l'expertise musicale ou linguistique sur l'utilisation du chant comme support à l'acquisition du langage.

Les résultats de Schön et al. (2008) avaient démontré que la concordance des informations linguistiques et musicales accroît l'apprentissage statistique (voir Figure 4). Les auteurs en avaient conclu que l'apprentissage d'une nouvelle langue, particulièrement dans la première phase au cours de laquelle il est nécessaire de segmenter des mots nouveaux, peut largement bénéficier des propriétés structurales et motivationnelles de la musique contenues dans le chant.

En effet, le chant pourrait aider l'acquisition du langage à plusieurs niveaux : l'aspect émotionnel d'une chanson augmente le niveau d'activité et d'attention, la présence de contours mélodiques pourrait accroître la discrimination phonologique (un changement de syllabe est souvent accompagné d'un changement mélodique), le recouplement consistant des structures musicale et linguistique pourrait optimiser les mécanismes d'apprentissage. Notons que le contour intonatoire d'une phrase est lié à son contenu sémantique.

Nos données supportent cette hypothèse lorsque nous observons les experts en musique. En effet, le patron de résultats révèle de meilleurs scores pour le matériel chanté synchronisé par rapport au matériel parlé et chanté désynchronisé. Nos analyses montrent donc que les experts en musique bénéficient du chant (Figure 6), c'est à dire du fait que les probabilités transitionnelles mélodiques sont superposées à celles de la parole.

Notons que l'effet observé soutiendrait l'hypothèse du bénéfice de l'éducation musicale au niveau langagier et encouragerait à proposer une formation musicale à l'enfant en développement. Dans une perspective logopédique, de tels arguments pourraient guider la créativité des cliniciens et ouvrir le champ à des recherches à ce domaine.

En ce qui concerne les non-experts, nous ne retrouvons pas ce profil puisque les résultats aux expériences parlée et synchronisée ne diffèrent pas du niveau du hasard, tandis que la séquence désynchronisée diffère significativement du niveau du hasard.

Rappelons que dans l'étude de Schön et al. (2008), les différences sont significatives mais de faible amplitude (cf Figure 4 : le pourcentage de réponses correctes ne dépasse pas 64% pour la séquence synchronisée et 56% pour la séquence désynchronisée).

Cependant, les résultats de Schön et al ont été répliqués (communication personnelle de D. Schön à R. Kolinsky, juillet 2009). Il est donc possible qu'un échantillon plus large permette de les retrouver.

L'observation d'experts en musique et d'experts en langage nous renseigne sur le traitement des différents inputs contenus dans le chant (parole et mélodie). En effet, une interaction (cf. Figure 8) apparaît entre les groupes (non-experts, experts en musique, experts en langage) et le matériel (parlée, synchronisé, désynchronisé).

Ces résultats argumentent donc le débat sur la spécificité du traitement de la musique et du langage dans le chant et l'éventuel effet d'une expertise dans l'utilisation des probabilités transitionnelles linguistiques et musicales.

#### IV.1. Effet de l'expertise linguistique

Par rapport aux données de l'étude de Schön et al. (2008), les résultats des experts en langage sont surprenants. En effet, le patron de résultats diffère de celui attendu puisque les experts en langage obtiennent de meilleures performances pour le matériel chanté désynchronisé par rapport au matériel chanté synchronisé, et présentent une tendance à de moins bonnes performances pour le matériel chanté synchronisé par rapport au matériel parlé. Nos analyses montrent donc que les experts en langage sont particulièrement performants lorsqu'il n'y a pas de mélodie (Figure 5) ou lorsque celle-ci n'est pas congruente avec les probabilités transitionnelles linguistiques (Figure 7).

Les experts en langage obtiennent néanmoins de bonnes performances tant aux séquences parlées (Figure 5) qu'aux séquences chantées désynchronisée (Figure 7). Lorsque le matériel est congruent, ils ont tendance à traiter les éléments mélodiques mais leurs performances dans la séquence désynchronisée semblent indiquer qu'ils traitent indépendamment les deux modalités ; leur attention au matériel linguistique est d'autant plus grande quand les informations linguistiques et musicales ne sont pas congruentes.

Etant donné les profils des tests linguistique et musical, nous pouvons penser que l'entraînement langagier peut être transféré au domaine musical, mais il s'agit de rester prudent dans cette interprétation puisqu'il y a peu de sujets et que les résultats du test musical ne sont pas significatifs. Les résultats ne font donc que suggérer un traitement séparé des éléments contenus dans le chant (mélodie et parole), qui pourrait être expliqué par un entraînement particulier à distinguer ces deux éléments.

Les experts en langage, habitués à des corpus de langage déviants ne seraient pas particulièrement attentifs à la pertinence de la mélodie et se baseraient préférentiellement sur le support linguistique. Les résultats au test de répétition de pseudo-mots (Figure 9) confirment que les experts en langage sont performants dans leur domaine. Notons que cette idée n'est pas infirmée par l'absence de corrélation entre les performances au test de répétition de pseudo-mots et les résultats au test linguistique, qui pourrait être expliquée par un effet plafond de l'épreuve proposée. Le groupe d'experts en langage étant majoritairement constitué de logopèdes expérimentés ou en fin de parcours universitaire, l'épreuve proposée (répétition de pseudo-mots de forme CV de la BELEC, adaptée pour les enfants de 7 à 12 ans) n'est pas particulièrement pertinente. Il serait intéressant de créer un matériel spécifique pour évaluer leurs compétences discriminatives et mnésiques de manière à éviter les biais dus à la connaissance du matériel.

Par ailleurs, il s'agirait de préciser le niveau d'expertise linguistique et d'élargir la population. La prise en compte de différents types d'expertise pourrait faire varier le patron de résultats. En effet, nous pensons que des logopèdes, souvent confrontés à des formes langagières déviantes, ne développeraient pas le même mécanisme de traitement de la parole que des experts en langage formés à des corpus langagiers beaucoup plus précis (interprètes, linguistes, phonéticiens). Outre cet aspect formel, il serait intéressant d'observer l'expertise née d'un apprentissage informel en testant des sujets multilingues.

#### IV.2. Effet de l'expertise musicale

La supériorité des experts en musique à l'expérience présentant du matériel chanté synchronisé révèle le bénéfice du chant dans l'extraction des mots. Les musiciens sont performants pour la séquence chantée mais ils semblent perturbés lorsque les probabilités transitionnelles musicales ne coïncident pas avec le matériel linguistique (Figure 7).

Les résultats au test musical suggèrent que le fait que les experts en musique obtiennent de meilleurs scores dans le test linguistique lorsque la séquence est synchronisée (par rapport aux séquences parlées et désynchronisées et par rapport aux autres groupes) n'est pas dû à leur meilleure utilisation des probabilités transitionnelles musicales, ni par rapport aux autres groupes (puisque'ils ne sont pas meilleurs au test musical que les autres), ni par rapport aux probabilités transitionnelles linguistiques (puisque'ils n'obtiennent pas une meilleure performance dans le test musical par rapport au test linguistique). L'ensemble des résultats suggère donc un traitement commun des deux modalités.

Plusieurs hypothèses sont envisagées pour expliquer ce patron de résultats bien qu'il faille rester prudent dans l'interprétation des résultats au test musical, le nombre de sujets y étant limité.

#### *IV.2.1. Traitement intégré de la mélodie et des paroles dans le chant mais séparé selon la tâche proposée*

Lorsque nous mettons en parallèle les résultats aux séquences parlées, synchronisées et désynchronisées, nous observons l'utilisation du chant dans l'apprentissage statistique de la séquence.

Les performances au test musical ne soutiennent pas cette hypothèse, mais le traitement pourrait être intégré ou séparé suivant la tâche proposée. Autrement dit, le traitement du matériel musical et linguistique semble interagir pour le test linguistique, mais lorsque l'attention est portée sur l'aspect musical de la séquence synchronisée, cette interaction n'apparaît plus. Notons que lors de l'expérimentation, nous nous sommes adressés aux administrations des Conservatoires Royaux en expliquant notre démarche (présentation dans le cadre d'un mémoire de logopédie). Les étudiants, experts en musique participant à notre étude, s'attendaient à une étude relative au langage et leur attention se serait portée sur le matériel linguistique.

Tomiak, Mullennix et Sawusch (1987) ont démontré que le mode de traitement appliqué aux stimuli est susceptible de modifier les interactions entre certaines dimensions. Dans leur étude, le fait de considérer des syllabes synthétiques comme de la parole conduisait à un patron d'intégralité entre la consonne et la voyelle qui les composaient, tandis que lorsque la consigne présentait ces mêmes stimuli comme non-linguistiques, un patron de séparabilité était obtenu.



Dans notre cas, les consignes énoncées (Annexe 3) ne mentionnaient pas de termes relatifs à la musique (chant, mélodie...), ce qui pourrait expliquer l'utilisation de la mélodie au sein d'un matériel linguistique mais les faibles performances au test proprement musical.

#### *IV.2.2. Traitements distincts de la mélodie et des paroles dans le chant mais combinaison des informations*

Au vu des résultats, une autre hypothèse pourrait expliquer les bonnes performances à la séquence synchronisée sans l'utilisation des probabilités transitionnelles musicales.

Le matériel synchronisé combine des informations linguistiques et musicales (cf. Figure 2) tandis que le matériel désynchronisé ne permet pas la superposition des probabilités transitionnelles (cf. Figure 3). La redondance n'est pas la seule caractéristique différenciant les séquences synchronisées et désynchronisées. En effet, les mots du matériel synchronisé sont chantés de manière ascendante (sipygy, gimysy, pymiso, sysipi) ou descendante (pogysi, mimosi) tandis que les contours des mots du matériel désynchronisé varient et peuvent prendre différentes formes.

Le bénéfice du chant synchronisé pourrait être lié à l'utilisation des contours mélodiques et non aux probabilités transitionnelles musicales en elles-mêmes.

En ce qui concerne la direction mélodique du chant, les contours descendants sont mieux utilisés par l'ensemble des sujets alors que les contours ascendants semblent particulièrement utilisés par les experts en musique (Figure 11). Nous envisageons dès lors l'hypothèse d'une sensibilité accrue à l'expressivité de la parole chez les experts en musique.

D'après Papousek (1995a), les éléments de la communication préverbale semblent s'organiser autour de la vocalisation ascendante, descendante, en cloche ou en forme de U. L'utilisation de ces contours serait extrêmement stable alors que le contenu verbal se transforme au gré des énoncés et des différents contextes.

Un contour mélodique ascendant utilisé par la mère provoque une augmentation de l'éveil et de la tension neuromusculaire du bébé. L'analyse de Papousek (1995b) de la relation entre la forme mélodique et les fonctions d'éveil/apaisement dans le comportement intuitif des parents soutient nos observations. En effet, face à un nourrisson, à un enfant sourd ou souffrant d'un trouble du langage oral, les motifs intonatoires semblent intuitivement accentués et ascendants.

L'analyse expérimentale des contours et de leurs effets sur le comportement du bébé confirme la provocation de l'attention et l'incitation à une intervention de tels contours.

Les performances des experts en musique à ce niveau pourraient être expliquées par une sensibilité particulière aux aspects expressifs du langage. Elle serait d'autant plus développée par la pratique instrumentale et l'entraînement au jeu en groupe. Cette habileté serait alors utilisée dans le traitement langagier et pourrait contribuer à l'utilisation des contours intonatoires ascendants dans l'extraction de mots nouveaux d'un flux de parole.

Une étude de Besson, Magne et Schön (2002) relate des différences dans la sensibilité à la mélodie de la parole. Il semblerait que les femmes soient plus sensibles à la prosodie ou du moins plus rapides dans le traitement de cet aspect de la parole que les hommes. Dans notre étude, le facteur sexe n'intervient pas au niveau de la population mais il serait intéressant d'examiner la population d'experts en musique puisque les résultats généraux montrent un apport de la mélodie qui suppose sa perception.

### IV.3. Perspectives

#### *IV.3.1. Critères objectifs de l'expertise*

Nous nous sommes basés sur la littérature existante pour définir les critères d'expertise musicale. Les différentes analyses modifiant les facteurs ne semblent pas pertinentes. En effet, une classification selon la pratique instrumentale (instrument, nombre d'heures d'exercice, âge de début, nombre d'années de pratique) ne permet pas de conclure à des différences dans les performances aux tests linguistique et musical.

Par rapport aux instruments pratiqués, nous avons isolé différentes familles, mais le nombre limité de participants dans chaque catégorie rend les analyses non pertinentes.

Etant donnée les résultats généraux, il serait utile de poursuivre la recherche et d'examiner suffisamment d'experts en musique pour comprendre comment fonctionne le traitement des informations linguistiques et musicales.

En ce qui concerne les chanteurs, leur formation, l'âge de début et le type de pratique ne suivent pas le profil général. Le nombre restreint ne nous permet pas d'analyser leurs performances, mais la question de la multimodalité reste présente et il serait intéressant d'observer les liens entre la production et la perception chez ces musiciens particulièrement exposés au chant.

Au niveau des experts en langage, nous avons pu constater la non pertinence du test de répétition de pseudo-mots proposé (effet plafond) mais pensons qu'il serait utile de définir plus précisément les spécialités professionnelles (habituatation à un corpus langagier non adéquat versus analyse particulièrement fine des caractéristiques de la parole).

#### *IV.3.2. Critères subjectifs de l'expertise*

Afin de cibler au mieux la population des experts en musique, nous avons proposé l'expérience aux étudiants des Conservatoires Royaux de Belgique et à quelques sujets ayant suivi une formation musicale similaire. Joliat (2008) s'est intéressé aux différents facteurs à l'origine de l'aptitude musicale. La littérature mentionne le rôle du discours adressé au nourrisson dans la genèse de l'aptitude musicale mais également la place des apprentissages formels et informels dans le développement musical. Les commentaires des sujets de notre expérience nous ont parfois étonné (références musicales riches chez des non-experts, perception indéfinie chez des experts en musique). Il ne s'agit pas de remettre en question les critères indispensables à la classification des sujets, mais nous pensons qu'il serait intéressant de poursuivre ce type de recherche en tenant compte de l'expertise musicale non conventionnelle.

Notons que les commentaires des compositeurs se démarquent dans chaque expérience. Leur activité consiste souvent en une écoute intérieure des sons, de leur organisation et peut-être que cette habileté serait particulièrement intéressante dans l'utilisation des contours mélodiques ou des probabilités transitionnelles et donc dans une étape de l'acquisition du langage. Tafuri (2004) définit l'intelligence musicale comme « l'aptitude concrète à exécuter des tâches déterminées, la capacité à résoudre des problèmes d'exécution, de composition et d'analyse, l'interprétation ou capacité d'exécuter, de composer et d'interpréter de la musique ». Nous pensons que cette définition pourrait contribuer à qualifier l'expertise musicale.

Le caractère informel de l'apprentissage apparaît en musique mais également au niveau linguistique et la prise en compte d'autres paramètres, non formels, contribuerait à mieux préciser l'expertise.

#### *IV.3.3. Du chant à la prosodie*

Nous nous sommes intéressés ici à l'apport des probabilités transitionnelles musicales et linguistiques dans l'apprentissage statistique. Le moyen privilégié est le chant, mais nous nous questionnons sur le parallèle pouvant être effectué avec la prosodie. La musicalité de la parole joue un rôle certain dans l'acquisition du langage, mais est également utilisée en rééducation logopédique.

Les recherches dans ce domaine sont riches et nous pensons que notre recherche, avec quelques modifications du matériel, nous permettrait d'observer plus particulièrement la musicalité de la parole dans une étape du développement langagier, précisément l'extraction de mots nouveaux grâce aux probabilités transitionnelles. Il s'agirait de modifier les intervalles et de tenir compte de l'importance des harmoniques dans le son de parole (Patel, 2008). De telles études permettraient de traiter un matériel prosodique, les intérêts étant alors envisageables en clinique logopédique.

## Index des figures et tableaux

<u>Figure 1</u> : Correspondances syllabe-note	22
<u>Figure 2</u> : Extrait de la séquence synchronisée	22
<u>Figure 3</u> : Extrait de la séquence désynchronisée	23
<u>Figure 4</u> : Résultats issus de Schön et al. (2008) : pourcentage de réponses correctes au test linguistique pour les trois expériences proposées	24
<u>Figure 5</u> : Diagramme des résultats (moyennes des réponses correctes au test linguistique), selon le groupe (non-experts, experts en langage, experts en musique), pour l'expérience I (séquence parlée)	
<u>Figure 6</u> : Diagramme des résultats (moyennes des réponses correctes au test linguistique), selon le groupe (non-experts, experts en langage, experts en musique), pour l'expérience II (séquence chantée synchronisée)	
<u>Figure 7</u> : Diagramme des résultats (moyennes des réponses correctes au test linguistique), selon le groupe (non-experts, experts en langage, experts en musique), pour l'expérience III (séquence chantée désynchronisée)	
<u>Figure 8</u> : Interaction entre groupe d'expertise (non-experts, experts en langage, experts en musique) et matériel (parlé, synchronisé, désynchronisé)	
<u>Figure 9</u> : Diagramme des moyennes de réponses correctes au test de répétition de pseudo- mots selon l'expertise (non-experts, experts en langage, experts en musique) et le matériel (parlé, synchronisé, désynchronisé)	
<u>Figure 10</u> : Corrélation entre les performances au test linguistique et au test de répétition de pseudo-mots	
<u>Figure 11</u> : Moyenne des pourcentages de réponses correctes pour les mots ascendants et descendants, selon le groupe (non-experts, experts en musique, experts en langage)	
<u>Tableau 1</u> : Tableau des effectifs pour chaque groupe, selon l'expérience proposée	
<u>Tableau 2</u> : Moyennes des réponses correctes aux tests linguistique et musical, selon le groupe.	

## **BIBLIOGRAPHIE**

- Abla, D., Okanoya, K. (2008). Statistical segmentation of tone sequences activates the left inferior frontal cortex : A near-infrared spectroscopy study, *Neuropsychologia* 46(11), 2787-2795.
- Aleman, A., Nieuwenstein, M.R., Böckel, K.B.E., Hann, E.H.F. (2000). Music training and mental imagery ability. *Neuropsychologia* 38 (12), 1664-1668.
- Anvari, S.H., Trainor, L.J., Woodside, J., Levy, B.A. (2002). Relations among musical skills, phonological processing, and early reading ability in preschool children, *Journal of Experimental Child Psychology* 83(2), 111-130.
- André-Faber, C. (2006). La langue en mouvements. Méthode de sensibilisation à la phonologie du français, *Ed. EME*, p.19.
- Aslin, R.N., Saffran, J.R., Newport, E.L. (1998). Computation of conditional probability statistics by 8-month-old infants. *Psychological Science* 9(4), 321-324.
- Besson, M., Faita, F., Peretz, I., Bonnel, A.M., & Requin J. (1998). Singing in the brain : Independence of lyrics and tunes. *Psychological Science* 9(6), 494-498.
- Besson, M., Magne, C., Schön, D., (2002). Emotional prosody : sex differences in sensitivity to speech melody. *Cognitive Sciences* 6(10), 405-407.
- Besson, M., Schön, D. (2001). Comparison between language and music, in Peretz, I. & Zatorre, R. The biological foundations of music, *New York : Annals of the New York Academy of Sciences* 930, 232-258.
- Bigand, E., Poulin-Charronnat, B. (2006). Are we “experienced listeners”? A review of the musical capacities that do not depend on formal musical training. *Cognition* 100 (1), 100-130.
- Bonnel, A.M., Faita, F., Peretz, I., Besson, M. (2001). Divided attention between lyrics and tunes of operatic songs : Evidence for independent processing. *Perception and Psychophysics* 63(7), 1201-1213.
- Brent, M.R., Cartwright, T.A. (1996), Distributional regularity and phonotactic constraints are useful for segmentation, *Cognition* 61(1-2), 93-125.
- Brin, F., Courrier, C., Lederlé, E., & Masy, V. (2004). Dictionnaire d’orthophonie, Deuxième édition. *Ortho Edition*.

- Brochard, R., Dufour, A., Desprès, O. (2004). Effect of musical expertise on visuo-spatial abilities : evidence from reaction times and mental imagery, *Brain and Cognition* 54(2), 103-109.
- Carré, A. (1982). L'enfant sourd et la musique. *Bulletin de liaison des praticiens de la méthode verbo-tonale* 10, 4-15.
- Carré, A. (1998). Le paradoxe de la musicalité du sourd. 6<sup>ème</sup> colloque, *Pédagogie, Pratique et Recherche en musicothérapie*, Montpellier, p.38.
- Carroll, D. (1996). A study of the effectiveness of an adaptation of melodic intonation therapy in increasing the communicative speech of young children with down syndrome. Mémoire de master en psychologie, non publié, Faculty of Music, McGill University.
- Casillas, G., (2008). The insufficiency of three types of learning to explain language acquisition. *Lingua* 118(4), 636-641.
- Chan, A.S., Ho, Y.C., Cheung, M.C. (1998). Music training improves verbal memory. *Nature* 396, 1-28.
- Chandrasekaran, B., Ananthanarayan, K., Gandour, J.T. (2008). Relative influence of musical and linguistic experience on early cortical processing of pitch contours, *Brain and Language* 108(1), 1-9.
- Chomsky, N. (1957). Syntactic Structures. *The Hague : Mouton and co.*
- Cleeremans, A., Destrebecqz, A., & Boyer, M. (1998). Implicit learning : News from the front. *Cognitive Sciences* 2(10), 406-416.
- Costa-Giomi, E. (2004). Effect of three years of piano instruction on children's academic achievement, school performance and self-esteem. *Psychology of Music* 32, 139-152.
- Dalla Bella, S., Giguère, J-F., Peretz, I. (2007). Singing proficiency in the general population. *Acoustical Society of America* 121(2), 1182-1189.
- Danhauser, A. (1994). Théorie de la musique. *Ed. Henry Lemoine.*
- Davies, J. B. (1978). The psychology of music. *Stanford : Stanford University Press.*
- Dufour, A. (2009). Musique et multimodalité : étude des interactions et des transferts intermodaux liés à l'expertise musicale ou la déficience sensorielle. *Rapport de fin de recherche, Centre d'Etudes de Physiologie Appliquée, Strasbourg.*



- Dumont, A. (1997). Implantations cochléaires : guide pratique d'évaluation et de rééducation. *L'Ortho Edition*, p.22.
- Dumont, A., Calbour, C. (2002). Voir la parole. Lecture labiale. Perception audiovisuelle de la parole. *Ed. Masson, Coll. Orthophonie*, p.60.
- Dunoyer de Ségonzac, M. (1992). Pour que vibre la dynamique naturelle de la parole. *Ed. Robert*, p.29.
- Garner, W.R. (1974). The processing of information and structure. *Potomac, Maryland: Lawrence Erlbaum Associates*.
- Gomez, R., Gerken, L.-A. (1999). Artificial grammar learning by 1-year-olds to specific and abstract knowledge. *Cognition* 70(2), 109–135.
- Gordon, E.E. (1989). Manual for the advanced measures of music audiation. *Chicago: GIA Publications*.
- Green, J. (1993). On est si sérieux quand on a 19 ans. *Journal 1919-1924, Ed. Fayard*, Paris, p.47.
- Guberina, P. (1992). Philosophie, principes et développements de la méthode verbo-tonale. *Le courrier de Suresnes* 58, 13-20.
- Hallé, P. (2004). Acquisition du langage : spécialisation des enfants dans leur langue maternelle. *MIDL*, Paris.
- Hannon, E.E., Trainor, L.J. (2007). Music acquisition: effects of enculturation and formal training on development. *Cognitive Sciences* 11(11), 466-472.
- Hauser, M.D., Newport, E.L., Aslin, R.N., 2001. Segmentation of the speech stream in a nonhuman primate: statistical learning in cotton-top tamarins. *Cognition* 78(3), B53–B64.
- Hetland, L. (2000). Learning to make music enhances spatial reasoning. *Journal of Aesthetic Education* 34, 179-238.
- Ho, Y.C., Cheung, M.C., Chan, A.S. (2003). Music trainig improves verbal but not visual memory : cross-sectional and longitudinal explorations in children. *Neuropsychology* 17(3), 439-450.
- Jackendoff, R., Lerdahl, F. (2006). The capacity for music : What is it and what's special about it ? *Cognition* 100(1), 33-72.

- Jentschke, S., Koelsch, S. (2009). Musical training modulates the development of syntax processing in children. *NeuroImage* 47(2), 735-744.
- Jolia, F. (2008). L'effet de l'aptitude musicale dans la détection de la désynchronisation audiovisuelle, L'œil musical ou le syndrome de Ludwig van Beethoven, *Thèse de Doctorat présentée devant la Faculté des lettres de l'Université de Fribourg, Suisse*, 62-77.
- Juslin, P.N., Sloboda, J.A.. (2001). Music and Emotion : Theory and Research. *Ed. Oxford University Press*.
- Kilgour, A.R., Jakobson, L.S., Cuddy, L.L. (2000). Music training and rate of presentation as mediators of text and song recall. *Memory and Cognition* 28(5), 700-710.
- Kirkham, N., Slemmer, J., Johnson, S., 2002. Visual statistical learning in infancy: evidence of a domain general learning mechanism. *Cognition*, 83(2), B34–B42.
- Koelsch, S., Jentschke, S., Sammler, D., Mietchen, D. (2005). Interaction between syntax processing in language and in music : an ERP Study. *Journal of Cognitive Neuroscience* 17(10), 1565-1577.
- Kolinsky, R., Lidji, P., Peretz, I., Besson, M., Morais, J. (2009). Processing interactions between phonology and melody : Vowels sing but consonants speak. *Cognition* 112(1), 1-20.
- Kolinsky, R., Cuvelier, H., Goetry, V., Peretz, I., Morais, J. (2009). Music Training Facilitates Lexical Stress Processing, *Music Perception* 26(3), 235-246.
- Lidji, P., Kolinsky, R., Lochy, A., Morais, J. (2007). Spatial associations for Musical Stimuli : A piano in the Head ? *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance* 33(5), 1189-1207.
- Lidji, P. (2007). Intégralité et séparabilité : revue et application aux interactions entre paroles et mélodies dans le chant. *L'année psychologique* 107(4), 659-694.
- Magne, C., Schön, D., Besson, M. (2006). Musician children detect pitch violations in both music and language better than nonmusician children : Behavioral and electrophysiological approaches, *Journal of Cognitive Neuroscience* 18(2), 199-211.
- Marques, C., Moreno, S., Castro, S.L., Besson, M. (2007). Musicians detect pitch violation in a foreign language better than nonmusicians : Behavioral and electrophysiological evidence. *Journal of Cognitive Neuroscience* 19(9), 1453-1463.

- McPherson, G.E. (2005). From child to musician : skill development during the beginning stages of learning an instrument. *Psychology of Music* 33(1), 5-35.
- Milovanov, R., Huotilainen, M., Välimäki, V., Esquel, P.A.A., Tervaniemi, M. (2008). Musical aptitude and second language pronunciation skills in school-aged children : Neural and behavioral evidence. *Brain Research* 1194(45), 81-89.
- Mithen, S. (2005). The singing Neanderthals : The origins of music, mind and body. *London : Weidenfeld and Nicolson*.
- Moely, B.E., Hart, S.S., Leal, L., Santulli, K.A., Rao, N., Johnson, T., Hamilton, L.B. (1992). The Teacher's role in Facilitating Memory and Study Strategy Development in the Elementary School Classroom. *Child Development* 63(3), 653-672.
- Moreno, S., Marques, C., Santos, A., Castro, S.L., Besson, M. (2009). Musical training influences linguistic abilities in 8-years-old children : More evidence for brain plasticity. *Cerebral Cortex* 19 (3), 712-723.
- Mousty, P., Leybaert, J., Alegria, J., Content, A., Morais, J. (1994). BELEC : Une batterie d'évaluation du langage écrit et de ses troubles. In Grégoire, J., Piérart, B. (Ed), *Evaluer les troubles de la lecture. Les nouveaux modèles théoriques et leurs implications diagnostiques*. 127-145. Bruxelles: De Boeck.
- Musacchia, G., Strait, D., Kraus, N. (2008). Relationships between behavior, brainstem and cortical encoding of seen and heard speech in musicians and non-musicians, *Hearing Research* 241(1-2), 34-42.
- Nazzi, T., Iakimova, G., Bertoncini, J., Fredonie, S., & Alcantara, C. (2006). Early segmentation of fluent speech by infants acquiring French : Emerging evidence for crosslinguistic differences. *Journal of Memory and Language* 54(3), 283-299.
- Nazzi, T., Iakimova, G., Bertoncini, J., Mottet, S., Serres, J., & Shanon, S. (2008). Behavioral and electrophysiological exploration of early word segmentation in French : Distinguishing the syllabic and lexical level, In : D. Friederici & G. Thierry (Ed), *Early Language Development. Language Acquisition Research* 5, 65-90. Amsterdam/Philadelphia : John Benjamins Publishing Company.
- Papousek, M. (1995a). Musicalité et petite enfance : origines biologiques et culturelles de la précocité. In I Delière & J. A. Sloboda (Ed.), *Naissance et développement du sens musical*, 41-62. Paris : PUF.

- Papousek, M. (1995b). Le comportement parental intuitif, source cachée de la stimulation musicale dans la petite enfance. In I. Deliège & J. A. Sloboda (Ed.), *Naissance et développement du sens musical*, 101-130. Paris : PUF.
- Patel, A.D., Peretz, I., Tramo, M., Labreque, R.(1998). Processing Prosodic and Musical Patterns : An Neuropsychological Investigation. *Brain and language* 61, 123-144.
- Patel, A.D. (2008). Music, Language and the brain. *Oxford University Press*.
- Penhune, V.B. (2007). The effect of early musical training on adult motor performance : Evidence for a sensitive period in motor learning. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1060(1), 265-268.
- Peretz, I. (2006). The nature of music from a biological perspective. *Cognition* 100(1), 1-32.
- Peretz, I., Radeau, M., Arguin, M. (2004). Two-way interactions between music and langage : Evidence form priming recognition of tune and lyrics in familiar songs. *Memory and Cognition* 32(1), 301-325.
- Peretz, I., Champod, S., Hyde, K. (2003). Varieties of Musical Disorders: The Montreal Battery of Evaluation of Amusia. *Annals of the New York Academy of Sciences* 999, 58-75.
- Perruchet, P., & Vinter, A. (1998). Feature creation as a by-product of attentional processing. *Behavioral and Brain Sciences*, 21(1), 33-34.
- Pinker, S. (1997). How the mind works. *New York London : W.W. Norton and company*.
- Poulin-Charronnat, B., Bigand, E., Madurell, F., Peereman, R. (2005). Musical structure modulates semantic priming in vocal music. *Cognition* 94(3), 67-78.
- Racette, A., Peretz, I. (2007). Learning Lyrics : To sing or not to sing ?. *Memory and Cognition* 35(2), 242-253.
- Rapoport, E. (2006). On the Origins of Shoenberg's Sprechgesang in Pierrot Lunaire. *Journal of New Music Research* 33, 71-111.
- Reber, A.S. (1992). The cognitive unconscious: An evolutionary perspective. *Consciousness and Cognition* 1, 93-133.
- Ross, D., Choi, J., Purves, D. (2007). Musical intervals in speech. *PNAS*, 104(23), 9852-9857.
- Saffran, J.R., Aslin, R.N., Newport, E.L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science* 274(5294), 1926–1928.

- Saffran, J.R., Johnson, E.K., Aslin, R.N., Newport, E.L. (1999). Statistical learning of tone sequences by human infants and adults. *Cognition* 70(1), 27-52.
- Saffran, J.R., Newport, E.L., Aslin, R.N., (1996). Word segmentation: the role of distributional cues. *Journal of Memory and Language* 35(4), 606–621.
- Saffran, J.R., Newport, E.L., Aslin, R.N., Tunick, R.A., Barrueco, S. (1997). Incidental language learning: Listening (and learning) out of the corner of your ear. *Psychological Science* 8(2), 101–195.
- Saffran, J.R. (2003). Musical Learning and Language Development. *New York Academy of Sciences*.
- Saffran, J.R., Pollak, S.D., Seibel, R.L., Shkolnik, A. (2007). Dog is a dog is a dog : Infant rule learning is not specific to language, *Cognition* 105(3), 669-680.
- Schellenberg, E.G. (2004). Music lessons enhance IQ. *Psychological Science* 15(8), 511-514.
- Schellenberg, E.G., Peretz, I. (2007). Music, language and cognition : Unresolved issues. *Cognitive Sciences*, 12(2), 45-46.
- Schmithorst, V.J., Holland, S.K. (2004). The effect of musical training on the neural correlates of math processing : A functional magnetic resonance imaging study in humans, *Neuroscience Letters* 354(3), 193-196.
- Schön, D., Boyer, M., Moreno, S., Besson, M., Peretz, I., Kolinsky, R. (2008). Songs as an aid for language acquisition. *Cognition* 106(2), 975-983.
- Schön, D., Magne, C., Besson, M. (2004). The music of speech : music training facilitates pitch processing in both music and language. *Psychophysiology* 41(3), 341-349.
- Schön, D., Gordon, R., Besson, M. (2005). Musical and Linguistic processing in Song Perception, in Avanzini, G., Koelsch, S., Lopez, L., Majno, M. The Neurosciences and music II : From Perception to Performance. *New-york Academy of Sciences* 1060, 71-81.
- Schön, D., Besson, M. (2008). Musica, Maestro !, Center for Research in Cognitive Neuroscience, CNRS-Marseille, France.
- Schouppe, D. (1986). Melodic Intonation Therapy : Evaluation des progrès en M.I.T. et de leurs transferts dans l'expression orale. *Mémoire de licence en logopédie, non publié*, Université Catholique de Louvain-la-Neuve.

- Slevc, L.R., Miyake, A. (2006). Individual differences in second language proficiency : Does musical ability matter ? *Psychological Science*. 17(8), 675-681.
- Sloboda, J.A. (1982). Music Performance. The Psychology of Music, sous la direction de Deutsch, D. *Ed Academic Press*.
- Sloboda, J.A. (1985). L'esprit musicien. La psychologie cognitive de la musique. *Ed Mardaga, Psychologie et sciences humaines*.
- Sloboda, J.A., Davidson, J.W. (1996). Musical Beginnings : The Origins and Development of Musical Competence. *Oxford : Oxford University Press*, 171-190.
- Sloboda, J.A., Davidson, J.W., Howe, M.J.A., Moore, D.G. (1996). The Role of Practice in the Development of Performing Musicians. *British Journal of Psychology*, 87(2), 287-309.
- Sloboda, J. A. (2004). Dons musicaux et innéisme. In J.-J. Nattiez (Ed.), *Musiques : une encyclopédie pour le XXIème siècle. Les savoirs musicaux 2*, 540-560. Paris : Actes sud/Cité de la musique.
- Sparks, R., Helm, N., Albert, M. (1974). Aphasia rehabilitation resulting from melodic intonation therapy. *Cortex* 10(4), 303-316.
- Spencer, H. (1857). The origin and function of music. *Fraser's Magazine* 56, 396-408.
- Tafuri, J. (2004). Dons musicaux et problèmes pédagogiques. In J.-J. Nattiez (Ed.), *Musiques : une encyclopédie pour le XXIème siècle 2*, 561-584. Paris : Acte sud/ Cité de la musique.
- Thiessen, E. D., Saffran, J. R. (2003). When Cues Collide: Use of Stress and Statistical Cues to Word Boundaries by 7- to 9-Month Old Infants. *Developmental Psychology*, 39(4), 706-716.
- Tomiak, G. R., Mullennix, J. W., Sawusch, J. R. (1987). Integral processing of phonemes: Evidence for a phonetic mode of perception. *Journal of the Acoustical Society of America*, 81(3), 755-764.
- Toro, J-M., Sinnett, S., Soto-Faraco, S. (2005), Speech segmentation by statistical learning depends on attention, *Cognition* 97(2), B25-B34.
- Williamon, A., Valentine, E. (2000). Quantity and Quality of Musical Practice as Predictors of Performance Quality. *British journal of Psychology* 91(3), 353-376.
- Wong, P.C., Skoe, E., Russo, N.M., Dees, T., Kraus, N.(2007) Musical experience shapes human brainstem encoding of linguistic pitch patterns, *Nature Neuroscience*. 10, 420-422.

## **ANNEXES**

Annexe 1 : Test de répétition de pseudo-mots, extrait de la BELEC (Batterie d’Evaluation du Langage Ecrit). Items de forme Consonne-Voyelle (CV)

Annexe 2 : Grille d’entretien dirigé, proposé suite aux expériences

Annexe 3 : Consignes : présentation de la séquence, test linguistique, test musical

Annexe 4 : Paires du test proposées suite à l’écoute de la séquence

Annexe 5 : Tableau de bord des expériences, des sujets et des scores aux tests linguistique et musical

**Annexe 1: Test de répétition de pseudo-mots, extrait de la BELEC (Batterie d’Evaluation du Langage Ecrit).**

Items de forme Consonne-Voyelle (CV).

1	Pa	
	Ti	
	Chon	
	Kau	

2	Sévu	
	Moga	
	Zinlé	
	Juban	

3	Fépani	
	Juséga	
	Motireu	
	Kauvinban	

4	Nidoujused	
	Galèfèpa	
	Reuchonkauvin	
	Banzumoti	

5	Doujuzégani	
	Panilèfèvu	
	Zumovinbanreu	
	Tireuchonkauzin	



**Annexe 2 : Grille d'entretien dirigé, proposé suite aux expériences (l'ordre des questions n'est pas respecté).**

- Initiales:
- Groupe :
- Latéralité :
- Sexe :
- Date de naissance :
- Niveau d'étude : niveau secondaire, niveau universitaire
- Année d'étude à l'université ou au conservatoire :
- Nombre d'heure d'écoute musicale par jour, semaine :
  - temps d'écoute passive (radio, télévision, en déplacement...)
  - temps d'écoute active (intention d'écouter, choix d'un morceau particulier...)
- Nombre de concerts par mois :
- Styles musicaux appréciés :
  - paroles : langue, texte...
  - accompagnement : instrumentation, complexité...
  - écoute préférentielle : paroles ou mélodie ?
- Formation musicale :
  - parcours en académie
  - parcours au conservatoire (groupe d'entrée), estimation du niveau
- Oreille absolue ? Relative ? Autoévaluation du niveau en imitation ou lecture d'intervalles.
- Instrument(s) pratiqué(s) :
  - Age de début :
  - Rapport à l'instrument :
  - Nombre d'année de pratique instrumentale :
  - Nombre de prestation, musique de chambre, répertoire privilégié...
- Niveau linguistique :
  - Langue maternelle (parlée à la maison) :
  - Langues apprises : comprises, parlées, contexte...
- Antécédents médicaux (otites, drains, surdité) :
- Remarques sur l'expérience :

### **Annexe 3 : Formulation des consignes**

#### Présentation de la séquence :

Ecouter, pendant un certain temps, une suite continue de différentes syllabes. Il faut bien se concentrer sur cette suite de sons - sans pour autant essayer d'analyser quoi que ce soit - parce que la suite de l'expérience est fortement liée à ce qui est entendu

#### Test linguistique :

Vous allez entendre deux suites différentes de syllabes (présentées l'une après l'autre). La tâche consiste à choisir entre les deux séquences présentées laquelle (première séquence ou deuxième séquence) paraît la plus similaire aux différentes suites de syllabes entendues de façon continue. Après avoir entendu les deux séquences, répondre librement par 1 ou 2 (oralement ou par geste), en imitant la séquence choisie, à la convenance du sujet.

Attention, avant de répondre, il est impératif d'écouter attentivement chacune des 2 suites de syllabes jusqu'à la fin.

#### Test musical :

Vous allez entendre deux suites différentes de mélodies de trois sons (présentées l'une après l'autre). La tâche consiste à choisir entre les deux mélodies présentées laquelle (première mélodie ou deuxième mélodie) paraît la plus similaire aux différentes suites de mélodies entendues de façon continue. Après avoir entendu les deux mélodies, répondre par 1 ou 2 (oralement, par geste) ou en imitant la mélodie choisie, à la convenance du sujet.

Attention, avant de répondre, il est impératif d'écouter attentivement chacune des deux mélodies jusqu'à la fin.

#### **Annexe 4 : Paires du test proposées suite à l'écoute de la séquence.**

Tâche de choix forcé présentée en voix parlée pour le test linguistique et synthétisé avec un son de piano pour le test musical. Chaque paire est composée d'un **mot** et d'une « partie de mot ».

1. pisipy	<b><u>gimysy</u></b>
2. <b><u>sipygy</u></b>	sypogy
3. mosigi	<b><u>sysipi</u></b>
4. <b><u>mimosi</u></b>	gysimi
5. sogimy	<b><u>gimysy</u></b>
6. <b><u>pogysi</u></b>	pygyimi
7. <b><u>pymiso</u></b>	pisipy
8. mosigi	<b><u>sipygy</u></b>
9. <b><u>gimysy</u></b>	pygyimi
10. gysimi	<b><u>sysipi</u></b>
11. sypogy	<b><u>pogysi</u></b>
12. <b><u>pymiso</u></b>	sogimy
13. <b><u>mimosi</u></b>	pisipy
14. sypogy	<b><u>gimysy</u></b>
15. <b><u>pogysi</u></b>	gysimi
16. <b><u>sysipi</u></b>	pisipy
17. pygyimi	<b><u>pymiso</u></b>
18. <b><u>mimosi</u></b>	mosigi
19. <b><u>sipygy</u></b>	sogimy
20. pygyimi	<b><u>mimosi</u></b>
21. <b><u>gimysy</u></b>	mosigi
22. gysimi	<b><u>sipygy</u></b>
23. pisipy	<b><u>pogysi</u></b>
24. <b><u>sysipi</u></b>	sypogy
25. mosigi	<b><u>pymiso</u></b>
26. pygyimi	<b><u>sipygy</u></b>
27. <b><u>sysipi</u></b>	sogimy
28. gysimi	<b><u>pymiso</u></b>
29. pygyimi	<b><u>sysipi</u></b>
30. <b><u>gimysy</u></b>	gysimi
31. <b><u>sipygy</u></b>	pisipy
32. sogimy	<b><u>mimosi</u></b>
33. <b><u>pymiso</u></b>	sypogy
34. <b><u>pogysi</u></b>	mosigi
35. sypogy	<b><u>mimosi</u></b>
36. sogimy	<b><u>pogysi</u></b>

**Annexe 5 : Tableau de bord des expériences, des sujets et des scores aux tests linguistique et musical**

Matériel	Groupes		Scores au test linguistique	Scores au test musical
Séquence parlée	Non-experts	Moyenne	17,79	
		Effectif	14	
		Ecart-type	3,286	
	Experts en musique	Moyenne	18,44	
		Effectif	16	
		Ecart-type	4,746	
	Experts en langage	Moyenne	20,29	
		Effectif	7	
		Ecart-type	2,059	
	Total des sujets soumis à la séquence parlée	Moyenne	18,54	
		Effectif	37	
		Ecart-type	3,848	
Séquence chantée synchronisée	Non-experts	Moyenne	18,65	18,20
		Effectif	20	5
		Ecart-type	2,720	2,280
	Experts en musique	Moyenne	22,05	19,57
		Effectif	20	7
		Ecart-type	4,617	7,254
	Experts en langage	Moyenne	17,13	20,00
		Effectif	8	6
		Ecart-type	3,091	5,020
	Total des sujets soumis à la séquence chantée synchronisée	Moyenne	19,81	19,33
		Effectif	48	18
		Ecart-type	4,119	5,269
Séquence chantée désynchronisée	Non-experts	Moyenne	19,38	
		Effectif	16	
		Ecart-type	2,363	
	Experts en musique	Moyenne	19,13	
		Effectif	16	
		Ecart-type	4,365	
	Experts en langage	Moyenne	23,22	
		Effectif	9	
		Ecart-type	4,868	
	Total des sujets soumis à la séquence chantée désynchronisée	Moyenne	20,12	
		Effectif	41	
		Ecart-type	4,094	

